

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
30 mai 2002 (30.05.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/43124 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01L 21/20, 21/302, 29/165, 29/205, 29/267

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/03715

(22) Date de dépôt international :
26 novembre 2001 (26.11.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/15280 27 novembre 2000 (27.11.2000) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines, Chemin des Franques, F-38190 Bernin (FR).

(72) Inventeurs; et

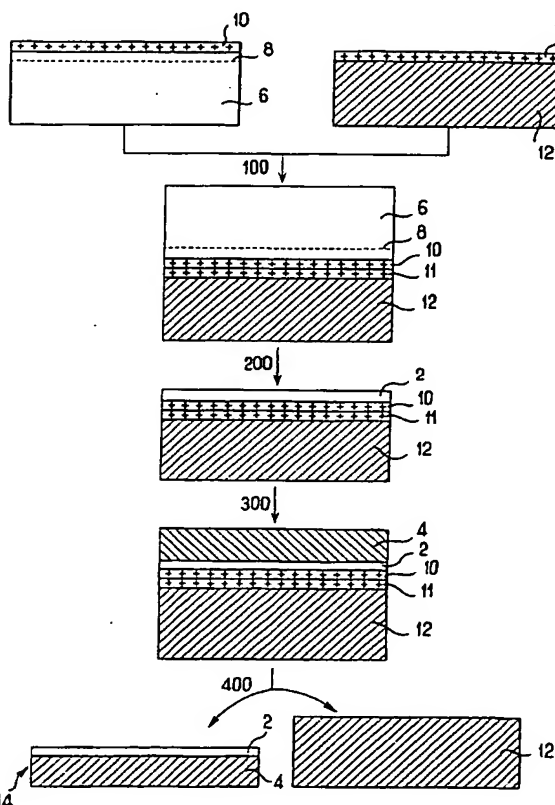
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GHYSELEN, Bruno [FR/FR]; 58, rue Georges Maeder, F-38170 Seyssinet (FR). LETERTRE, Fabrice [FR/FR]; 33 quai Jongkind, F-38000 GRENOBLE (FR).

(74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MAKING A SUBSTRATE IN PARTICULAR FOR OPTICS, ELECTRONICS OR OPTOELECTRONICS AND RESULTING SUBSTRATE

(54) Titre : PROCÉDE DE FABRICATION D'UN SUBSTRAT NOTAMMENT POUR L'OPTIQUE, L'ELECTRONIQUE OU L'OPTOELECTRONIQUE ET SUBSTRAT OBTENU PAR CE PROCÉDE



(57) Abstract: The invention concerns a method for making a substrate comprising a thin layer borne by a layer forming a mechanical support, in particular for optics, electronics or optoelectronics. The invention is characterised in that the method comprises the following steps: removing from a source substrate (6) a layer of a material to form the thin layer (2); then producing on the thin layer (2) a deposition of material in a thick layer (4) to form the layer forming the mechanical support.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'un substrat comprenant une couche mince portée par une couche constituant un support mécanique, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique. Selon l'invention, le procédé comprenant les étapes suivantes: - détacher d'un substrat source (6) une couche d'un matériau pour former la couche mince (2), puis - réaliser sur la couche mince (2) un dépôt de matériau en une couche épaisse (4) pour former la couche constituant le support mécanique.

WO 02/43124 A2



(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

PROCEDE DE FABRICATION D'UN SUBSTRAT NOTAMMENT POUR L'OPTIQUE, L'ELECTRONIQUE OU L'OPTOELECTRONIQUE ET SUBSTRAT OBTENU PAR CE PROCEDE.

5 L'invention concerne le domaine des procédés de fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, ainsi que celui des substrats obtenus par de tels procédés. Plus particulièrement, il peut s'agir de substrats destinés à la réalisation de microsystèmes, de capteurs, de diodes électroluminescentes ou laser, etc.

10 On connaît déjà, notamment par le document FR 2 681 472, un procédé de fabrication de substrats dans lequel on transfère une couche mince d'un matériau d'un substrat source sur un support. Dans ce cas, l'opération de collage entre la couche mince et le support est souvent réalisée par adhésion moléculaire et nécessite pour obtenir une bonne interface de collage, une
15 préparation spécifique des surfaces à coller, préalablement à leur mise en contact. Or, cette préparation, qui comprend généralement des opérations de polissage, de planarisation, de traitement physico-chimique, de réalisation de couches intermédiaires, etc., peut être relativement longue et complexe. C'est en particulier le cas, lorsque le substrat support est polycristallin.

20 Un but de l'invention est de fournir un procédé de fabrication d'un substrat comprenant une couche mince sur un support, qui soit sensiblement simplifié par rapport aux procédés de l'art antérieur et qui puisse être beaucoup plus économique.

25 Ce but est atteint, selon l'invention, grâce à un procédé de fabrication d'un substrat comprenant une couche mince portée par une couche constituant un support mécanique, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- détacher d'un substrat source une couche d'un matériau pour former la couche mince, puis
- 30 - réaliser sur la couche mince un dépôt de matériau en une couche épaisse pour former la couche constituant le support mécanique.

Le procédé selon l'invention est simple à mettre en œuvre et permet de

s'affranchir de préparations longues et coûteuses des surfaces à mettre en contact, telles que le polissage, la planarisation, la réalisation de couches intermédiaires, etc., toutes ces étapes pouvant être éventuellement remplacées par un simple décapage avant la formation de la couche épaisse, qui peut
5 avantageusement être accompagné d'un traitement à haute température.

En particulier, alors que dans les techniques existantes de report d'une couche mince sur un support épais, qu'il soit monocristallin, polycristallin, amorphe, etc., on reporte une couche mince monobloc sur un support épais, également monobloc, réalisé avant assemblage, le support épais est formé
10 selon la présente invention directement sur la couche mince. Ainsi la mise en œuvre du procédé selon l'invention, parce qu'il permet de s'affranchir d'étapes longues et coûteuses de préparation des surfaces, génère des économies substantielles.

Avantageusement, selon l'invention, on réalise un dépôt direct du
15 matériau constitutif du support, sur la couche mince, par exemple par dépôt chimique en phase vapeur (aussi appelée par l'homme du métier « CVD », acronyme de l'expression anglo-saxonne Chemical Vapor Deposition). Dans ce cas, on obtient une interface d'excellente qualité entre la couche mince et le support, notamment en terme de conductivité électrique et/ou thermique, ce qui
20 n'était généralement pas réalisable avec les procédés de l'art antérieur.

La couche épaisse peut aussi correspondre à un dépôt de métal, par exemple un dépôt électrolytique de cuivre.

Mais la couche épaisse peut également être formée à partir d'un matériau en fusion et/ou visqueux ou fritté.

25 Le procédé selon l'invention est avantageusement mis en œuvre pour réaliser des substrats dans lesquels la couche mince et la couche épaisse sont constituées de matériaux possédant respectivement des coefficients de dilatation thermique et / ou des paramètres cristallins proches ou égaux.

Le procédé selon l'invention est aussi particulièrement intéressant dans le
30 cadre de la réalisation de substrats composites comportant une couche mince monocristalline, par exemple en matériau semi-conducteur, sur un substrat support polycristallin, amorphe, céramique, multi-phasé, etc. En effet, certaines

techniques, notamment de dépôt et/ou de croissance, permettent la formation de couches épaisses à des coûts faibles. Ainsi, la formation d'une couche épaisse de carbure de silicium polycristallin ou amorphe par exemple, sur une couche mince de carbure de silicium monocristallin, par le procédé selon
5 l'invention, permet la formation de substrats de carbure de silicium, à un coût plus bas que si ces substrats étaient totalement en carbure de silicium monocristallin de bonne qualité.

En outre, le procédé selon l'invention a pour avantage de favoriser la croissance d'un matériau constitutif du support, de bonne qualité. Ainsi, lorsque
10 l'on souhaite réaliser des substrats à moindre coût, il est possible, par les procédés de l'art antérieur, de transférer une couche mince monocristalline sur un support peu coûteux, tel qu'un support en matériau polycristallin ou amorphe. Lorsque l'on transpose cette idée au procédé selon l'invention, on réalise une couche épaisse de matériau peu coûteux sur une couche mince
15 d'un matériau à plus forte valeur ajoutée, mais si cette couche mince est monocristalline, la couche épaisse sera de meilleure qualité que si l'on avait transféré une couche monobloc du même matériau que celui de cette couche épaisse, directement sur la couche mince. En effet, si le support, c'est à dire la couche épaisse que l'on forme par le procédé selon l'invention, est un
20 polycristal, on obtiendra, en son sein, une meilleure cohésion et une meilleure orientation des différents grains, ainsi que la croissance de phases privilégiées. Cet avantage peut par contre être amoindri si le procédé selon l'invention comporte une opération de formation d'une couche intermédiaire, un isolant amorphe par exemple, entre la couche mince et le support.

25 Dans certaines conditions de croissance de la couche épaisse sur la couche mince, selon le procédé conforme à l'invention, la couche mince sert de germe de croissance pour une croissance quasi-monocristalline ou monocristalline de la couche épaisse. Ces conditions correspondent à une croissance quasi-épitaxiale ou épitaxiale de la couche épaisse sur la couche
30 mince.

Le procédé selon l'invention comporte avantageusement mais facultativement les caractéristiques suivantes prises séparément ou en

combinaison :

- il comprend une opération consistant à déposer une couche utile sur l'une, et/ou sur l'autre des faces de la couche mince ; cette couche utile étant, par exemple d'un matériau à grand gap, tel que le nitrure de gallium, le nitrure d'aluminium ou un autre de ces matériaux, par exemple un composé d'au moins deux éléments compris dans la liste comprenant l'aluminium, l'indium et le gallium ;
- au moins une couche utile est déposée avant la formation de la couche épaisse ;
- au moins une couche utile est déposée après la formation de la couche épaisse ;
- la couche utile et la couche épaisse sont déposées chacune sur une face différente de la couche mince ;
- la couche mince est constituée d'un matériau monocristallin ;
- la couche épaisse est formée par dépôt d'un matériau compris dans la liste composée des matériaux monocristallins, des matériaux polycristallins, des matériaux amorphes, des matériaux comportant plusieurs phases et des matériaux moins coûteux que celui constitutif de la couche mince ;
- il comporte une opération de formation d'une couche de liaison sur la couche mince, cette couche de liaison étant composée d'un matériau compris dans la liste comprenant les matériaux amorphes et les matériaux polycristallins et les matériaux métalliques tels que le tungstène ou le siliciure de tungstène ; étant entendu que ces propriétés peuvent être combinées (polycristallin et métallique par exemple) ; cette couche de liaison peut être formée, par exemple, avant que la couche mince ne soit détachée du substrat source ;
- il comprend une étape de transfert de la couche mince sur un support intermédiaire, avant la formation de la couche épaisse sur la couche mince ;
- il comprend une opération consistant à éliminer le support intermédiaire ;
- l'élimination du support intermédiaire est réalisée en séparant la couche mince du support intermédiaire, afin notamment de recycler ce dernier ;
- il comporte une opération de formation d'une couche de liaison sur le support intermédiaire avant le transfert de la couche mince dessus, cette

couche de liaison étant composée d'un matériau compris dans la liste comprenant les matériaux amorphes, les matériaux polycristallins et les matériaux métalliques tels que le tungstène ou le siliciure de tungstène ; étant entendu que ces propriétés peuvent être combinées (polycristallin et métallique par exemple) ;

5 - la couche mince est constituée d'un matériau compris dans la liste comprenant le silicium, le carbure de silicium, le saphir, le diamant, le nitrure de gallium, le nitrure d'aluminium et une combinaison ou une superposition d'au moins deux de ces matériaux ;

10 - la couche épaisse est formée d'un matériau compris dans la liste comprenant le silicium, le carbure de silicium, le diamant, le saphir, le graphite, le nitrure de gallium, le nitrure d'aluminium, le nitrure de bore et une combinaison ou une superposition d'au moins deux de ces matériaux ;

15 - la couche mince est détachée du substrat source au niveau d'une zone de fragilisation ;

 - la zone de fragilisation est réalisée en implantant, dans ce substrat source, des espèces atomiques au voisinage d'une profondeur déterminée.

20 - la couche mince est détachée du substrat source par élimination, par exemple par attaque chimique, d'une zone intercalée entre la couche mince et le reste du substrat source ;

 - on optimise les conditions de dépôt de la couche épaisse afin que celle-ci corresponde à une qualité particulière comprise dans la liste comprenant les qualités monocristalline, polycristalline, isolante et conductrice, étant entendu que deux de ces qualités peuvent éventuellement être associées, comme les

25 qualités monocristalline et conductrice.

Ci-dessus et dans la suite de ce document, on entend par implantation atomique, tout bombardement d'espèces atomiques ou ioniques, susceptibles d'introduire ces espèces dans un matériau, avec un maximum de concentration de ces espèces dans ce matériau, ce maximum étant situé à une profondeur

30 déterminée par rapport à la surface bombardée. Les espèces atomiques ou ioniques sont introduites dans le matériau avec une énergie distribuée autour d'un maximum. L'implantation des espèces atomiques dans le matériau peut

être réalisée grâce à un implantateur par faisceau d'ions, un implantateur par immersion dans un plasma, etc. Par espèces atomiques ou ioniques, on entend un atome sous sa forme ionique, neutre ou moléculaire, ou des molécules sous une forme ionique ou neutre, ou encore une combinaison de différents atomes
5 ou molécules sous une forme ionique ou neutre.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, l'invention sera également mieux comprise à l'aide des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement des étapes d'un exemple de
10 mise en œuvre du procédé conforme à l'invention ;
- la figure 2 représente schématiquement des étapes d'un autre exemple de mise en œuvre du procédé conforme à l'invention ;
- la figure 3 représente schématiquement des étapes d'encore un autre exemple de mise en œuvre du procédé conforme à l'invention ;
- 15 - la figure 4 représente schématiquement des étapes d'encore un autre exemple de mise en œuvre du procédé conforme à l'invention ;
- la figure 5 représente schématiquement des étapes d'encore un autre exemple de mise en œuvre du procédé conforme à l'invention ;
- la figure 6 représente schématiquement des étapes d'encore un autre
20 exemple de mise en œuvre du procédé conforme à l'invention ;
- la figure 7 représente schématiquement en perspective, un support intermédiaire avec quatre couches minces, tel qu'il peut être utilisé selon une variante du procédé selon l'invention ; et
- les figures 8a et 8b représentent schématiquement en coupe, des
25 exemples de substrats obtenus selon une variante du procédé selon l'invention.

Le procédé selon l'invention est décrit ci-dessous de manière détaillée à l'aide de cinq modes particuliers, mais non limitatifs, de mise en œuvre.

Selon le premier mode mise en œuvre, illustré par la figure 1, on réalise un substrat final 14 comportant une couche mince 2 sur une couche épaisse 4
30 formant support mécanique de la couche mince en réalisant les étapes suivantes :

- formation d'une couche de matériau amorphe pour réaliser une couche

de liaison 10 sur une surface d'un substrat source 6, destinée à subir une implantation d'espèces atomiques, formation d'une couche de matériau amorphe sur une surface d'un support intermédiaire 12 pour réaliser une autre couche de liaison 11,

- 5 - implantation d'espèces atomiques au niveau d'une profondeur déterminée du substrat source 6 pour former une zone de fragilisation 8,
- mise en contact 100 des couches de liaison 10 et 11,
- détachement 200 de la couche mince 2 à partir du substrat source 6 au niveau de la zone de fragilisation 8,
- 10 - dépôt 300 de la couche épaisse 4 sur la surface de la couche mince 2 correspondant à la zone de fragilisation 8, et
- élimination 400 des couches de liaison 10 et 11, pour séparer la couche mince 2 du support intermédiaire 12.

Les étapes de formation de la couche de liaison 10 et d'implantation
15 d'espèces atomiques peuvent être réalisées dans l'ordre indiqué ci-dessus ou dans un autre.

Les étapes d'implantation d'espèces atomiques et de détachement 200 de la couche mince 2 sont décrites par exemple dans le brevet FR 2 681 472.

Les étapes de formation des couches de liaison 10 et 11 correspondent à
20 la formation d'une couche de matériau amorphe selon l'une des méthodes connues par l'homme du métier.

Il faut noter que la couche mince 2 peut subir des étapes technologiques supplémentaires, avant d'être soumise au dépôt 300 de la couche épaisse 4, pour former des composants électroniques, en totalité ou en partie, ou faire
25 l'objet de dépôts uniformes de films additionnels de nature épitaxiale ou non.

Le tableau ci-dessous regroupe des exemples de matériaux utilisables pour la mise en œuvre du premier mode de mise en œuvre décrit ci-dessus.

Tableau 1

Couche mince 2	Support intermédiaire 12	Couche épaisse support 4	Couches de liaison 10, 11
SiC mono	SiC poly ou SiC mono	SiC poly ou AlN poly ou diamant ou SiC mono de moindre qualité que la couche mince	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄
GaN mono	SiC poly ou SiC mono ou saphir	SiC poly ou AlN poly ou GaN poly ou diamant ou SiC mono de moindre qualité que la couche mince	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄
Si mono {111}, {100}, etc.	Si poly ou Si mono ou SiC poly ou SiC mono	Si poly ou Si mono de moindre qualité que la couche mince	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄

Dans le tableau ci-dessus, comme dans les suivants, le terme « mono » est utilisé pour « monocristallin » et le terme « poly » est utilisé pour « polycristallin ».

EXEMPLE 1 :

Le premier exemple correspond à la première ligne du tableau 1.

Le premier mode de mise en œuvre est particulièrement intéressant pour la formation d'un substrat comportant une couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin sur une couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin.

En effet, sous forme monocristalline, le carbure de silicium est peu disponible même dans des diamètres de substrats bien inférieurs à ceux obtenus actuellement pour le silicium monocristallin. Ceci est dû en particulier aux techniques de tirages de lingots qui sont bien plus complexes et onéreuses

pour le carbure de silicium monocristallin que pour le silicium monocristallin, ainsi qu'à des étapes de mise en forme des substrats, plus délicates, plus longues et plus coûteuses, étant donné le rapport peu favorable entre la dureté et la fragilité du carbure de silicium.

5 Le procédé selon l'invention est ainsi particulièrement avantageux pour la réalisation de substrats avec des couches minces 2 de carbure de silicium puisqu'il permet de multiples prélèvements de couches minces 2, à partir d'un substrat source 6 et le report de chaque couche mince 2 prélevée, sur une couche épaisse 4 de faible coût.

10 De plus, le carbure de silicium trouve principalement des applications dans les dispositifs semi-conducteurs de forte puissance. Or pour ces applications, certaines spécifications très contraignantes limitent le choix possible des substrats supports pour le transfert de la couche mince 2 de carbure de silicium. En effet, ces applications requièrent dans certains cas de
15 bonnes conductivités électrique et thermique du support. Le carbure de silicium polycristallin répond à ses exigences. Il est très proche pour certaines de ses propriétés, du carbure de silicium monocristallin : il permet un bon accord sur le coefficient de dilation thermique et il est compatible avec des traitements à des températures pouvant aller jusqu'à 1 600 ou 1 700° C (températures requises
20 pour les reprises d'épithaxie du carbure de silicium et les recuits après implantation d'espèces atomiques).

En outre, l'utilisation du carbure de silicium polycristallin nécessite peu de modifications des technologies des utilisateurs habituels du carbure de silicium monocristallin.

25 Enfin, le carbure de silicium polycristallin présente de bonnes propriétés de résistance aux agressions chimiques.

Dans le cas de la réalisation d'une couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin sur une couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin, les couches de liaison 10 et 11 sont avantageusement formées d'oxyde de silicium.

30 La couche épaisse 4 peut être réalisée par dépôt chimique en phase vapeur (qui présente l'avantage majeur de pouvoir être effectué à des températures de dépôt relativement faibles, c'est à dire environ 1350°C pour le

carbure de silicium), par épitaxie en phase vapeur (aussi connue par l'homme du métier sous l'acronyme VPE de l'expression anglo-saxonne « Vapor Phase Epitaxy » ou HVPE de l'expression anglo-saxonne « Hydride Vapor Phase Epitaxy »), par dépôt chimique en phase vapeur à haute température (aussi connue de l'homme du métier sous l'acronyme HTCVD de l'expression anglo-saxonne « High Temperature Chemical Vapor Deposition »), ou d'autres techniques équivalentes. On peut également utiliser, pour réaliser la couche épaisse 4, des techniques dérivées de celles généralement mises en œuvre pour l'élaboration de lingots, telles que des techniques de sublimation ou d'autres techniques généralement utilisées dans les procédés de tirage de boules. L'utilisation de telles techniques n'est pas toujours optimale du point de vue de la qualité du dépôt (basses températures, conditions non uniformes, vitesse de croissance élevée, etc.), mais elle peut l'être d'un point de vue économique.

La couche épaisse 4, pour des substrats de carbure de silicium de 50 mm de diamètre est avantageusement de trois cents microns. La couche épaisse 4 de carbure de silicium est avantageusement réalisée par dépôt chimique en phase vapeur à une vitesse de croissance de l'ordre de 100 microns par heure.

En outre, utilisant une surface correspondant au matériau monocristallin de la couche mince 2, pour le dépôt 300 de la couche épaisse 4, l'optimisation des paramètres de ce dépôt peut mener à l'élaboration d'un substrat support monocristallin. Dans ce cas donc, la couche mince 2 sert de germe de croissance pour l'élaboration d'une couche épaisse 4 monocristalline. Cette couche épaisse 4 monocristalline peut être, selon le degré d'optimisation des paramètres de dépôt et selon l'application visée, de mauvaise ou de moyenne qualité, mais le substrat en résultant pourra présenter néanmoins l'avantage d'être d'un coût relativement peu élevé. Mais, cette couche épaisse 4 monocristalline peut aussi être de bonne ou de très bonne qualité si l'application visée pour le substrat le nécessite. La croissance de la couche épaisse 4 peut également être poursuivie de manière à former un substrat avec une couche 4 très épaisse c'est-à-dire dépassant très largement les quelques centaines de micromètres, selon l'application. La couche épaisse 4, selon des

variantes de l'exemple du mode de réalisation décrit ci-dessus, peut être réalisée, outre le carbure de silicium, en nitrure d'aluminium polycristallin, en diamant, ou en d'autres matériaux.

Le support intermédiaire 12 doit pouvoir supporter les conditions de croissance de la couche épaisse 4 de carbure de silicium et doit également pouvoir être supprimé. La voie choisie pour retirer le support intermédiaire 12 peut conditionner le choix du matériau constitutif de celui-ci. En effet, si l'on souhaite le sacrifier par gravure ou par enlèvement mécanique ou chimique, les étapes de gravures et d'enlèvement, ainsi que le support intermédiaire 12 lui-même, doivent être peu chers. Le nitrure d'aluminium, dans ce cas, est avantageusement utilisé. Le silicium également peu cher peut être choisi, mais il est plus difficilement compatible avec le dépôt du carbure de silicium de la couche épaisse 4. Par contre, si l'on enlève et on récupère le support intermédiaire 12, on peut utiliser des matériaux plus chers. Dans ce cas, on peut choisir du carbure de silicium polycristallin ou même éventuellement du carbure de silicium monocristallin puisque celui-ci n'est pas consommé et qu'il peut être réutilisé.

Avantageusement, on utilise un support intermédiaire 12 de carbure de silicium polycristallin recouvert d'une couche de liaison 11 d'oxyde de silicium.

L'utilisation de l'oxyde de silicium facilite la réalisation du prélèvement de la couche mince 2 sur le substrat source 6. En effet, le dépôt planarisé de l'oxyde de silicium permet de gommer les irrégularités de surface et de réaliser des étapes de polissage, de planarisation, de nettoyage, de préparation chimique et de collage oxyde de silicium sur oxyde de silicium, par des techniques connues et aisées à mettre en œuvre.

L'oxyde de silicium des couches de liaison 10 et 11 peut également être remplacé par un autre matériau, par exemple le nitrure de silicium (Si_3N_4). Ce dernier permet de supporter des températures plus élevées que l'oxyde de silicium. Cet avantage est particulièrement intéressant dans le cadre de l'optimisation du dépôt de la couche épaisse 4 en vue de la formation d'une couche monocristalline ou polycristalline de bonne qualité ou encore lorsque l'on souhaite augmenter la vitesse du dépôt.

Ce premier exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, comprend alors :

- la réalisation d'une structure constituée de l'empilement d'une couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin, de deux couches de liaison 10 et 11 d'oxyde de silicium et d'un support intermédiaire 12 de carbure de silicium polycristallin ou monocristallin ; cette structure est réalisée par un procédé de transfert de couches connu de l'homme du métier (par exemple, voir une mise en application d'un procédé Smart-Cut® tel que celui décrit dans le brevet FR 2 681 472) ;
 - dépôt 300 d'une couche épaisse support 4 en carbure de silicium, par exemple par dépôt chimique en phase vapeur à 1 350° C°, sur la surface libre de la couche mince 2 ;
 - élimination 400 des couches de liaison 10 et 11 par gravure chimique en bain d'acide fluorhydrique et récupération du support intermédiaire 12 ; le carbure de silicium, sous forme monocristalline ou polycristalline, est inerte à l'acide fluorhydrique, tandis que l'oxyde de silicium se grave très facilement par ce produit ; et
 - polissage final grossier de la surface de la couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin ; un polissage grossier est suffisant car il s'agit de la face arrière support du substrat final 14 ; dans le cas où le dépôt de la couche épaisse 4 est bien contrôlé, cette étape de polissage peut même être omise.
- Si nécessaire, la forme géométrique du substrat final 14 est retouchée, par exemple pour remettre le substrat final 14 au diamètre voulu, remettre en forme des tombées de bords, éliminer des nodules en bord de substrat, etc.
- Avantageusement également, la face avant de carbure de silicium monocristallin du substrat final 14, c'est à dire la surface libre de la couche mince 2, peut être protégée pendant les opérations de finition, notamment pendant celle optionnelle de polissage de la face arrière du substrat final 14. On peut noter que pendant les premières étapes du procédé selon l'invention, la couche mince 2 est naturellement protégée par le support intermédiaire 12.

Le substrat final 14 obtenu par le mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention décrit ci-dessus, présente une interface entre la couche mince

2 et la couche épaisse 4 très conductrice électriquement et thermiquement, puisque d'une part, grâce au procédé selon l'invention, le dépôt direct du matériau de la couche épaisse 4 sur la couche mince 2 permet d'éviter, comme lorsque l'on utilise les procédés de l'art antérieur, les vides formés au moment du collage ; et que d'autre part contrairement aux techniques de l'art antérieur il peut ne pas être fait usage de couches intermédiaires d'oxyde de silicium ou autres, telles que celles généralement utilisées dans les techniques de collage. Le procédé selon l'invention permet également de s'affranchir des étapes de planarisation et de polissage du carbure de silicium qui présente une forte dureté et une grande inertie chimique. Ceci est particulièrement avantageux puisque ces problèmes de polissage sont exacerbés lorsque l'on utilise du carbure de silicium polycristallin, pour lequel les vitesses d'attaque, lors d'un polissage, varient de grains à grains ou encore entre grains et joints de grains et selon la qualité cristalline intrinsèque et volumique des grains.

On peut néanmoins noter que pour certaines applications, on pourra mettre en œuvre le procédé selon l'invention pour former une couche épaisse 4, mais on choisira des matériaux ou des conditions de mise en œuvre du procédé selon l'invention, permettant d'obtenir une interface faiblement conductrice électriquement ou thermiquement, par exemple en réalisant, entre la couche mince 2 et la couche épaisse 4, une couche intermédiaire d'un matériau isolant.

Le premier exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, décrit ci-dessus peut comporter de nombreuses variantes ; en particulier, on pourra substituer aux matériaux cités ci-dessus, les autres exemples de matériau mentionnés dans la première ligne du tableau 1.

On pourra également substituer dans ce premier exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention, l'opération d'élimination 400 des couches de liaison 10 et 11 par gravure chimique, par une opération de séparation du support intermédiaire 12 et de la couche mince 2, comportant une opération d'implantation d'espèces atomiques préalable (dans le support intermédiaire 12 par exemple) et/ou l'application de contraintes mécaniques. On pourra aussi faciliter l'opération d'élimination 400 des couches de liaison 10 et 11 et/ ou la

séparation du support intermédiaire 12 et de la couche mince 2, par des techniques connues de l'homme du métier, telles que la formation de canaux dans les couches de liaison 10 et 11, etc.

Il est également possible de mettre en œuvre le procédé selon l'invention décrit ci-dessus sans support intermédiaire 12. C'est en particulier le cas si la couche mince 2 transférée est suffisamment épaisse et réalisée dans un matériau suffisamment rigide. Ainsi, une couche mince 2 de carbure de silicium de quelques dizaines de microns d'épaisseur peut avoir une tenue mécanique suffisante.

On peut également noter que la polarité de la couche mince 2 de carbure de silicium prélevée sur le substrat source 6 peut être choisie en fonction de la polarité du substrat source 6 initial. La polarité d'un substrat de carbure de silicium correspond à la face Si ou à la face C et est un concept bien connu de l'homme du métier. Eventuellement, le prélèvement de la couche mince 2 sur le substrat source 6 peut faire l'objet d'un double transfert permettant de changer deux fois la polarité.

On peut également prévoir une opération consistant à former une couche intermédiaire, par exemple isolante, sur la couche mince 2, avant le dépôt de la couche épaisse 4. Cette couche intermédiaire est par exemple un oxyde fin (500 Å). On obtient alors par exemple un substrat de SiC sur isolant, constitué d'une couche mince 2 de SiC, sur une couche intermédiaire d'oxyde de silicium fin, elles-mêmes sur une couche épaisse 4 de silicium polycristallin par exemple.

Un deuxième exemple du premier mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est décrit ci-dessous. Il correspond par exemple à la réalisation d'un substrat de nitrure de gallium pour des applications en optoélectronique notamment.

EXEMPLE 2 :

Selon ce deuxième exemple correspondant à la deuxième ligne du tableau 1, on réalise les étapes suivantes, illustrées par la figure 2 :

- dépôt d'une couche mince 2 de nitrure de gallium monocristallin sur un

substrat source 6 de carbure de silicium monocristallin, par dépôt chimique en phase vapeur d'organo-métalliques (connue de l'homme du métier sous l'acronyme « MOCVD », de l'expression anglo-saxonne « Metal Organic Chemical Vapor Deposition ») ou par épitaxie par jet moléculaire (connue de l'homme du métier sous l'acronyme « MBE », de l'expression anglo-saxonne « Molécular Beam Epitaxy ») ;

- dépôt d'une couche de liaison 10 en oxyde de silicium sur la couche mince 2 ;

- dépôt d'une couche de liaison 11 en oxyde de silicium sur un support intermédiaire 12 de carbure de silicium polycristallin ;

- mise en contact 100 des deux couches de liaison 10 et 11, l'une avec l'autre, et collage de ces couches de liaison 10 et 11 entre elles ;

- détachement 200 de la couche mince 2 de nitrure de gallium du substrat source 6 au niveau de l'interface couche mince 2/substrat source 6 (par application de contraintes mécaniques par exemple) ou au niveau d'une zone de fragilisation réalisée par exemple par implantation d'espèces atomiques, dans le carbure de silicium monocristallin du substrat source 6 ou dans le nitrure de gallium de la couche mince 2 ;

- dépôt 300 d'une couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin par dépôt chimique en phase vapeur, sur la surface libre de la couche mince 2 ;
et

- séparation 400 par élimination des couches de liaison 10 et 11, par exemple en bain d'acide fluorhydrique ou par simple enlèvement de matière (en éliminant le support intermédiaire 12 et les couches de liaison 10 et 11, selon la technique connue de l'homme du métier sous la terminologie anglo-saxonne « Etch-back ») ou bien encore par fracture dans les couches de liaison 10 et 11, au niveau d'une zone préfragilisée ou non, ou selon toute autre technique connue de l'homme du métier et permettant de séparer deux parties d'un substrat, au niveau d'une zone prédéterminée, par action d'une contrainte mécanique, thermique, chimique, électrostatique, etc.

D'autres variantes de l'exemple 2 peuvent être envisagées. Ainsi on peut remplacer le dépôt 300 de carbure de silicium polycristallin par un dépôt

chimique en phase vapeur de nitrure d'aluminium polycristallin ou de nitrure de gallium polycristallin ou par formation d'une couche de diamant, pour former la couche épaisse 4.

Selon une autre variante, on forme le nitrure de gallium polycristallin de la
5 couche épaisse 4, par épitaxie en phase vapeur à haute pression.

Selon encore une autre variante, on remplace le carbure de silicium polycristallin du support intermédiaire 12 par du nitrure d'aluminium ou du saphir ; puis on réalise un dépôt 300 d'une couche épaisse 4 de nitrure d'aluminium polycristallin par dépôt chimique en phase vapeur avant
10 l'élimination 400 des couches de liaison 10 et 11.

Selon encore une autre variante, on procède à l'une des variantes de l'exemple 2, mais on prélève une couche mince 2, qui comprend non seulement la couche de nitrure de gallium mais également une couche de carbure de silicium du substrat source 6 sous jacent. Ceci peut être réalisé, en formant une
15 couche de fragilisation, à une certaine profondeur du substrat source 6, par exemple par implantation d'espèces atomiques. Dans ce cas, selon encore une autre variante, on élimine, outre les couches de liaison 10 et 11, la partie de la couche mince 2 en carbure de silicium, si l'on a fait un double transfert de la couche mince 2, c'est à dire avec un transfert avant son report sur le support
20 intermédiaire 12.

Selon encore d'autres variantes, la couche de nitrure de gallium constitutive de la couche mince 2 est remplacée par du nitrure d'aluminium ou un autre matériau ou encore un empilement de ces différents matériaux, éventuellement avec d'autres composés intermédiaires.

25 Un troisième exemple du premier mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est décrit ci-dessous.

EXEMPLE 3 :

Cet exemple correspond à la réalisation de substrats de silicium
30 monocristallin de grand diamètre. Ces substrats sont chers car difficiles à réaliser. Comme pour les substrats de carbure de silicium monocristallin, il est avantageux de réaliser une couche mince de matériau monocristallin sur un

support de moindre qualité, par exemple en matériau polycristallin, amorphe ou autre. Si l'on procède par collage direct de la couche mince sur un support, on rencontre des difficultés de polissage, de planarisation, de physico-chimie de l'interface de collage, de dégazage, etc. Le procédé selon l'invention permet
5 avantageusement d'éviter ces difficultés, le support étant réalisé par dépôt direct d'une couche épaisse 4 formant support sur une face de la couche mince 2.

Le procédé selon l'invention permet en effet, comme expliqué plus haut, de réaliser une interface de très bonne qualité.

10 Avantageusement, on procède à un dopage, variant éventuellement en fonction de l'épaisseur, en cours de dépôt de la couche épaisse 4, pour favoriser la transparence électrique et thermique de cette interface.

Selon ce troisième exemple correspondant à la troisième ligne du tableau 1, on procède aux étapes suivantes :

15 - réalisation d'une couche mince 2 de silicium monocristallin sur isolant (couche de liaison 10 et/ou 11), sur un support intermédiaire 12 ;

- formation 300 d'une couche épaisse 4 d'au moins 725 μm de silicium polycristallin sur la couche mince 2 ;

- séparation et récupération 400 du support intermédiaire 12,

20 - traitement physico-chimique par gravure sélective silicium / oxyde de silicium (par exemple par l'acide fluorhydrique) ou/et opérations d'enlèvement mécanique, pour retrouver une bonne qualité de la zone superficielle du silicium de la couche mince 2 ; et

- opérations de mise en forme (polissage, rodage, façonnage des bords,
25 traitement chimique du substrat final 14 obtenu pour le rendre conforme aux normes (SEMI ou JEIDA par exemple) sur la planéité, l'épaisseur, les tombées de bord, etc.

L'étape de réalisation d'un substrat de silicium sur isolant peut être effectuée, comme déjà décrit plus haut, en procédant à une implantation
30 d'espèces atomiques au niveau d'une zone de fragilisation 8 dans un substrat source 6 de silicium et à la formation d'une couche de liaison 10 d'oxyde de silicium, sur le substrat source 6, ainsi qu'à la formation d'une autre couche de

liaison 11 d'oxyde de silicium sur un support intermédiaire 12 de silicium polycristallin ou même monocristallin, puis à la mise en contact 100 et au collage des couches de liaison 10 et 11, avant de procéder au détachement de la couche mince 2 du substrat source 6.

5 Cette étape de réalisation d'un substrat de silicium sur isolant peut être effectuée, par exemple, par une technique Smart-Cut® (voir le brevet FR 2 981 472 par exemple).

 Ce substrat de silicium sur isolant doit être démonté, après formation de la couche épaisse 4 ; ceci peut être effectué par n'importe quelle technique
10 connue permettant le détachement de la couche mince 2 de silicium du substrat source 6. Une telle technique peut être une technique telle que celle connue de l'homme du métier sous la terminologie anglo-saxonne « lift-off », par laquelle on élimine l'oxyde de silicium enterré (les couches de liaison 10 et 11 par exemple). Une telle technique peut également faire intervenir l'application de
15 contraintes mécaniques. A la place de la technique de lift-off mentionnée ci-dessus, on peut aussi utiliser des contraintes mécaniques thermiques, électrostatiques, etc., pour provoquer un détachement de deux parties situées de part et d'autre d'une interface de collage, d'une interface d'épitaxie, une zone poreuse, d'une zone préfragilisée, etc.

20 La séparation du support intermédiaire 12 peut être réalisée au niveau de la première interface de collage, ou de l'une quelconque des interfaces de collage entre les couches de liaison 10 et 11 et le support intermédiaire 12, ou si l'on a procédé à une implantation supplémentaire d'espèces atomiques (d'hydrogène par exemple), dans les couches de liaison 10 et 11, dans la
25 couche mince 2 ou dans le support intermédiaire 12 au niveau de la zone fragilisée par cette implantation.

 On notera que les opérations de mise en forme mentionnées plus haut peuvent être également, en partie ou en totalité, réalisées avant la séparation de la couche mince 2 du support intermédiaire 12.

30 On notera également qu'avant le dépôt 300 de la couche épaisse 4, un isolant (oxyde, nitrure, diamant, etc.) peut être formé sur la couche mince 2, de sorte que le substrat final 14 soit une structure de silicium sur isolant.

Selon une variante de l'exemple présenté ci-dessus, on forme une couche épaisse 4 de diamant sur la couche mince 2. Le substrat final 14 en résultant est particulièrement avantageux lorsqu'il est utile d'avoir une bonne évacuation de la chaleur générée au niveau de la couche mince 2.

5 Selon le deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, illustré par la figure 3, on réalise une couche mince 2 sur une couche épaisse 4 de la manière indiquée ci-dessus dans le cadre du premier exemple de mode de mise en œuvre de procédé selon l'invention, puis on dépose une couche utile 16 sur la face libre de la couche mince 2.

10 Le tableau 2 ci-dessus regroupe six exemples de ce deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, dans le cadre de la réalisation de substrats présentant un intérêt dans les domaines de l'électronique, l'optique ou l'optoélectronique.

Tableau 2

Couche utile 16	Couche mince 2	Support intermédiaire 12	Couche épaisse 4	Couches de liaison 10, 11
GaN ou AlN ou AlGaIn ou GaInN ou autres	SiC mono	SiC poly ou SiC mono (notamment si recyclé)	SiC poly ou diamant ou nitrure de bore	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄
GaN ou AlN ou AlGaIn ou GaInN ou autres	Si {111}	SiC poly ou SiC mono (notamment si recyclé)	SiC poly ou diamant ou nitrure de bore	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄
GaN ou AlN ou AlGaIn ou GaInN ou autres	Saphir	SiC poly ou SiC mono (notamment si recyclé)	SiC poly ou diamant ou nitrure de bore	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄
GaN ou AlN ou AlGaIn ou GaInN ou autres	SiC mono ou Si {111} ou Saphir	SiC poly ou SiC mono (notamment si recyclé)	AlN poly ou diamant ou nitrure de bore	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄

GaN ou AlN ou AlGaIn ou GaInN ou autres	SiC mono ou Si {111} ou Saphir	SiC poly ou SiC mono (notamment si recyclé)	GaN poly ou diamant ou nitrure de bore	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄
GaN ou AlN ou AlGaIn ou autres	SiC mono ou Si {111} ou Saphir	AlN poly	AlN ou GaN ou SiC poly ou diamant ou nitrure de bore	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄

EXEMPLE 4 :

Selon cet exemple (1^{ère} ligne du tableau 2), on réalise une couche mince de 2 de carbure de silicium monocristallin sur un support intermédiaire 12 de carbure de silicium polycristallin avec des couches de liaison 10 et 11 d'oxyde de silicium, entre les deux. Puis on dépose une couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin par dépôt chimique en phase vapeur. La structure ainsi obtenue subit ensuite un traitement apte à produire un détachement de la structure constituée de la couche mince 2 sur la couche épaisse 4 du support intermédiaire. Ce traitement consiste par exemple en une gravure dans l'acide fluorhydrique avec ou sans contrainte mécanique, des couches de liaison 10 et 11, ou par un simple enlèvement de la matière du support intermédiaire 12 et éventuellement des couches de liaison 10 et 11. Enfin, on réalise sur la face libre du carbure de silicium monocristallin de la couche mince 2 un dépôt d'une couche utile 16 de nitrure de gallium par MOCVD. La couche utile 16 de nitrure de gallium est particulièrement intéressante pour les applications en optoélectronique.

EXEMPLE 5 :

Selon cet exemple (deuxième ligne du tableau ci-dessus), on réalise de la manière décrite précédemment une structure comportant une couche mince 2 de silicium {111} sur un support intermédiaire 12 de carbure de silicium polycristallin, avec une couche d'oxyde de silicium entre les deux. On dépose sur la couche mince 2 de silicium {111}, une couche épaisse 4 de carbure de

silicium polycristallin par dépôt chimique en phase vapeur. La structure ainsi obtenue subit alors un traitement dans un bain d'acide fluorhydrique avec ou sans contraintes mécaniques, ou tout autre traitement apte à séparer la couche mince 2 et la couche épaisse 4, du support intermédiaire 12. On réalise ensuite
5 un dépôt de nitrure de gallium monocristallin par MOCVD sur la surface libre du silicium {111} qui est un matériau connu pour permettre une bonne épitaxie du nitrure de gallium. De préférence, l'épaisseur du silicium {111} est limitée avantageusement à une épaisseur inférieure à 1000 Å, afin qu'elle puisse s'adapter sans casser, à la dilatation thermique susceptible de se produire lors
10 des différentes opérations mentionnées ci-dessus.

EXEMPLE 6 :

Selon cet exemple (troisième ligne du tableau ci-dessus) on réalise une couche mince 2 de saphir sur un support intermédiaire 12 de carbure de
15 silicium polycristallin, avec des couches de liaison 10 et 11 d'oxyde de silicium entre les deux, puis on procède au dépôt 300 d'une couche épaisse 4 de carbure de silicium sur la couche mince 2. Les couches de liaison 10 et 11 sont éliminées pour récupérer le support intermédiaire 12. Enfin, une couche utile 16 de nitrure de gallium est déposée sur le saphir. Le saphir est aussi un matériau
20 connu pour permettre une bonne épitaxie du nitrure de gallium.

EXEMPLE 7 :

Selon ce septième exemple (quatrième ligne du tableau ci-dessus) on réalise l'une des structures décrites dans l'un des trois exemples précédents
25 mais dans laquelle on remplace la couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin par du nitrure d'aluminium polycristallin.

EXEMPLE 8 :

Selon cet exemple (cinquième ligne du tableau ci-dessus) on réalise une
30 structure telle que celle décrite dans l'un des exemples 4 à 6 ci-dessus, mais dans laquelle on remplace la couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin par du nitrure de gallium polycristallin déposé par HVPE.

EXEMPLE 9 :

Selon cet exemple (sixième ligne du tableau ci-dessus) on réalise une structure telle que celle décrite dans l'un des cinq exemples précédents, mais
5 dans laquelle on remplace le carbure de silicium polycristallin des supports intermédiaires 12 par du nitrure d'aluminium polycristallin.

Dans les six derniers exemples ci-dessus le carbure de silicium monocristallin, le silicium {111} ou le saphir servent de substrat d'épitéxie pour
10 le nitrure de gallium. Le carbure de silicium a pour avantage d'avoir un coefficient de dilatation thermique peu différent de celui du nitrure de gallium.

On notera que les propriétés en épaisseur de la couche épaisse 4 peuvent être importantes, par exemple lorsque l'on souhaite prendre un contact électrique en face arrière du substrat final 14 ou lorsque l'évacuation de la
15 chaleur générée par les composants réalisés sur la couche utile 16 est déterminante, ou encore lorsque l'on souhaite extraire et maîtriser la lumière émise par une diode ou un laser réalisé sur la couche utile 16.

On peut noter que si l'épaisseur de la couche mince 2 et la raideur du matériau qui la constitue sont suffisantes, des structures équivalentes à celles
20 décrites ci-dessus peuvent être réalisées sans support intermédiaire 12.

De nombreuses variantes sont encore possibles pour ce deuxième exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention. Ainsi l'étape de formation de la couche épaisse 4 de SiC polycristallin, de nitrure d'aluminium ou de nitrure de gallium, peut être remplacée par une étape de
25 formation d'une couche épaisse 4 de diamant ou de nitrure de bore.

Selon d'autres variantes, on change la nature du support intermédiaire 12. Ainsi, on utilise du carbure de silicium monocristallin (notamment lorsqu'on recycle ce dernier), à la place du carbure de silicium polycristallin ou du nitrure d'aluminium polycristallin.

30 De même, ces exemples sont transposables aux cas où l'on forme conformément à l'invention, une couche utile 16 de nitrure d'aluminium, d'un alliage d'aluminium et de gallium, ou d'un alliage de gallium et d'indium, etc., à

la place de la couche utile 16 de nitrure de gallium, comme cela a été décrit ci-dessus. La couche utile 16 de nitrure de gallium peut également être une structure multicouche empilant des couches de type nitrure de gallium, nitrure d'aluminium, etc., éventuellement avec des dopages de natures différentes, etc.

- 5 Selon le troisième exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, illustré par la figure 4, on réalise une structure dans laquelle la couche épaisse 4 est, contrairement à ce qui a été décrit en relation avec le deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, directement déposée sur la couche utile 16, elle-même déposée directement sur la couche
- 10 mince 2, après que cette dernière ait été séparée du substrat source 6.

Le troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est décrit ci-dessous à l'aide de trois exemples.

Les matériaux utilisés dans le cadre de ces trois exemples sont regroupés dans le tableau 3.

15 Tableau 3

Couche utile 16	Couche mince 2	Support intermédiaire 12	Couche épaisse 4	Couches de liaison 10, 11
GaN ou AlN ou AlGaIn ou GaInN ou autres	SiC mono ou Si {111} ou Saphir	SiC poly (ou mono) ou AlN poly ou diamant ou autres	AlN ou GaN ou SiC poly ou autres	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄
GaN ou AlN ou AlGaIn ou GaInN ou autres	SiC mono ou Si {111} ou Saphir + Gravure	SiC poly (ou mono) ou AlN poly ou diamant ou autres	AlN ou GaN ou SiC poly ou autres	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄
+ Gravure d'une partie du GaN ou autre	SiC mono ou Si {111} ou Saphir + Gravure	SiC poly (ou mono) ou AlN poly ou diamant ou autres	AlN ou GaN ou SiC poly ou autres	SiO ₂ ou Si ₃ N ₄

EXEMPLE 10 :

Selon cet exemple (première ligne du tableau 3), on réalise une structure comprenant une couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin sur un support intermédiaire 12 de carbure de silicium polycristallin, avec des couches de liaison 10 et 11 d'oxyde de silicium entre les deux, de la manière décrite ci-dessus pour les premiers et deuxièmes exemples de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention. On réalise ensuite, sur la surface libre de la couche mince 2 de carbure de silicium, une couche utile 16 de nitrure de gallium monocristallin par MOCVD. Une couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin est alors déposée par dépôt chimique en phase vapeur sur la couche utile 16. La structure ainsi obtenue subit ensuite un traitement 700 apte à séparer la structure constituée de la couche mince 2, de la couche utile 16 et de la couche épaisse 4, du support intermédiaire 12. Ce traitement consiste, par exemple en une gravure dans l'acide fluorhydrique avec ou sans contrainte mécanique, ou par un simple enlèvement de matière. On obtient ainsi d'une part une structure constituée de l'empilement successif d'une couche épaisse 4 servant de support à une couche utile 16 de nitrure de gallium, elle-même recouverte d'une couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin et d'autre part le support intermédiaire 12 prêt à être recyclé.

Ici, et contrairement au deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention exposé ci-dessus, le nitrure de gallium monocristallin est déposé avant la formation de la couche épaisse 4.

EXEMPLE 11 :

Selon un autre exemple de ce troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on réalise la structure de l'exemple 10, puis la couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin est retirée, par exemple par une gravure 800 dans un plasma (deuxième ligne du tableau 3).

EXEMPLE 12 :

Selon encore un autre exemple de ce troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention (troisième ligne du tableau 3), on réalise une

structure telle que celle de l'exemple 11, à la différence que l'on retire non seulement la couche 2 de carbure de silicium monocristallin mais en plus une partie de la couche utile de nitrure de gallium.

On peut noter que la couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin ou la couche utile 16 de nitrure de gallium monocristallin peut subir quelques étapes technologiques supplémentaires avant d'être soumise au dépôt de la couche épaisse 4, ces étapes visant à réaliser des composants électroniques, en totalité ou en partie, ou faire l'objet de dépôts uniformes de films additionnels de nature épitaxiale ou non.

Il faut noter également que la polarité de la couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin et celle de la couche utile 16 de nitrure de gallium peuvent être déterminées par le choix de la polarité du substrat source 6 initial. Eventuellement, le procédé selon l'invention comprend au moins un double transfert permettant de changer deux fois la polarité.

De même, ces exemples sont transposables aux cas où l'on forme conformément à l'invention, une couche utile 16 de nitrure d'aluminium, d'un alliage d'aluminium et de gallium, ou d'un alliage de gallium et d'indium, etc., à la place de la couche utile 16 de nitrure de gallium, comme cela a été décrit ci-dessus. La couche utile 16 de nitrure de gallium peut également être une structure multicouche empilant des couches de type nitrure de gallium, nitrure d'aluminium, etc., éventuellement avec des dopages de natures différentes, etc.

Selon d'autres variantes, on change la nature du support intermédiaire 12. Ainsi, on utilise du carbure de silicium monocristallin (notamment lorsqu'on recycle ce dernier), du diamant ou un autre matériau, à la place du carbure de silicium polycristallin ou du nitrure d'aluminium.

Selon un quatrième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, illustré par la figure 5, on réalise le dépôt d'une couche utile 16 sur une couche mince 2, elle-même sur un support intermédiaire 12 avant de séparer du support intermédiaire 12, la structure constituée de la couche mince 2 et de la couche utile 16 et de procéder au dépôt de la couche épaisse 4 sur la couche mince 2 ou sur la couche utile 16, c'est à dire d'un côté ou de l'autre de la structure constituée par la couche mince 2 et la couche utile 16.

Ce qua trième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est illustré par deux exemples.

EXEMPLE 13 :

5 Selon cet exemple, on réalise les étapes suivantes :

- formation, d'une part, d'une structure constituée d'une couche mince 2 de carbure de silicium monocristallin sur un substrat source 6, avec une zone de fragilisation 8, et d'autre part, d'un support intermédiaire 12, avec des couches de liaison 10 et 11 entre les deux, par exemple conformément à ce qui
10 a été décrit ci-dessus, dans le cadre du premier mode de mise en œuvre ;
- détachement, au niveau d'une zone de fragilisation 8 (par exemple obtenue par implantation dans le substrat source 6 préalablement à la mise en contact avec le support intermédiaire 12), de la couche mince 2 et du substrat source 6 ;
- 15 - dépôt d'une couche utile 16 de nitrure de gallium monocristallin, sur la surface libre de la couche mince 2 de carbure de silicium ;
- détachement de l'ensemble constitué da la couche mince 2 et de la couche utile 16, du support intermédiaire 12 (par exemple, par traitement dans un bain d'acide fluorhydrique) ; et
- 20 - dépôt d'une couche épaisse 4 de carbure de silicium polycristallin sur la surface libre de la couche utile 16.

EXEMPLE 14 :

Selon cet exemple, on procède comme pour l'exemple précédent mais on
25 remplace le dépôt de la couche épaisse 4 sur la couche utile 16 par un dépôt de la couche épaisse 4 sur la couche mince 2.

Comme déjà mentionné plus haut si l'épaisseur, et la rigidité des couches mince 2 et utile 16 le permettent, on peut envisager d'exploiter les modes de mise en œuvre décrits ci-dessus sans support intermédiaire 12 à aucun
30 moment du procédé, ou sans support intermédiaire 12, pour le dépôt de la couche épaisse 4, mais, dans ce dernier cas, avec un support temporaire qui sert de raidisseur pour l'étape de séparation de la couche mince 2 du substrat

source 6, ce support temporaire étant ôté avant le dépôt de la couche épaisse 4.

Le cinquième mode de mise en œuvre correspond aux cas de procédés selon l'invention au cours desquels on n'utilise ni support intermédiaire 12, ni support temporaire au sens indiqué ci-dessus.

Quelques exemples de ce mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, sans support intermédiaire 12 sont illustrés sur la figure 6.

Ainsi, partant d'un substrat source 6 dans lequel a été produite une zone de fragilisation 8 (par exemple par implantation d'espèces atomiques), on peut soit séparer la couche mince 2 directement, soit déposer une couche utile 16 avant de séparer la couche mince 2 de son substrat source 6, au niveau de la zone de fragilisation 8.

Dans le premier cas, on procède alors au dépôt de la couche épaisse 4 sur la couche utile 2 (on retrouve alors par exemple le substrat final 14 de l'exemple 1). Eventuellement, on peut poursuivre cette voie par le dépôt d'une couche utile 16 sur la face de la couche mince 2, opposée à celle ayant reçu la couche épaisse 4 (on retrouve alors par exemple le substrat final 14 de l'exemple 4).

Dans le deuxième cas, on procède au dépôt de la couche épaisse 4 du côté de la couche mince 2 (on retrouve alors ainsi le substrat final 14 de l'exemple 4) ou du côté de la couche utile 16 (on retrouve alors le substrat final 14 de l'exemple 10). De manière facultative, on peut alors procéder, comme décrit en relation avec la figure 4 (voir étape 800), au retrait de la couche mince 2 (on retrouve alors par exemple le substrat final de l'exemple 11).

De nombreuses variantes aux modes de mise en œuvre décrits ci-dessus peuvent encore être envisagées sans sortir du cadre de l'invention.

On pourra par exemple combiner ensemble des opérations décrites dans des exemples différents de modes de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

Ainsi, comme représenté sur la figure 7, une variante consiste à traiter par lots les couches minces 2 obtenues avant dépôt de la couche épaisse 4. Dans ce cas, ces couches minces 2 sont fixées sur un support intermédiaire 12

unique de grande dimension.

La forme de ce support intermédiaire 12 unique peut être quelconque (circulaire, rectangulaire, etc.).

Dans ce cas, les couches minces 2 peuvent être identiques ou différentes.

- 5 Chacune de ces couches minces 2 peut faire l'objet d'une opération séparée de détachement de la couche mince 2 du support intermédiaire 12. Le support intermédiaire 12 unique est par exemple une plaque de carbure de silicium polycristallin recouverte d'un oxyde de silicium.

- 10 Après dépôt de la couche épaisse 4, l'ensemble du support intermédiaire 12 unique et des ensembles couche mince 2 / couche épaisse 4 subit un lift-off en bain d'acide fluorhydrique. Chaque support intermédiaire 12 unique est recyclé.

- 15 Selon encore une autre variante des modes de mise en œuvre décrits ci-dessus, on dépose une couche épaisse 4 sur une surface plus importante que celle correspondant aux faces principales de la couche mince 2. Cette variante est illustrée par la figure 8.

- 20 Selon cette variante, on forme une structure constituée d'une couche mince 2, sur un support intermédiaire 12, avec des couches de liaison 10 et 11 entre les deux, telle que celles réalisées selon le premier mode de mise en œuvre exposé ci-dessus. Cette structure est ensuite placée dans un porte-échantillon 20 de manière à ce que la surface libre de la couche mince 2 affleure à la surface du porte échantillon 20 (voir figure 8a). Une couche épaisse 4 est alors formée sur cette surface libre avec un dépassement sur le porte échantillon 20.

- 25 Le substrat aussi formé peut éventuellement subir un traitement apte à supprimer les bords qui dépassent de la couche mince 2. En effet, les bords d'une couche déposée présentent généralement des irrégularités, des défauts, des bourrelets, etc. La présente variante permet d'éliminer ces bords.

- 30 Cette variante est aussi avantageuse pour former un substrat ayant un diamètre supérieur à celui de la couche mince 2 et qui est adapté à une ligne de traitement de substrat d'un diamètre donné, alors que la couche mince 2 ne peut être formée directement à ce diamètre.

Cette variante est aussi avantageuse lorsque, formant une couche épaisse 4 unique sur plusieurs couches minces 2, on réalise un support unique pour plusieurs couches minces 2 et/ou couches utiles 16 (voir figure 8b). Cette variante peut aussi être mise en œuvre en formant une couche épaisse 4, sur
5 chaque ensemble constitué d'un support intermédiaire 12 et d'une couche mince 2 et placé sur un porte-échantillon plan. La couche épaisse 4 retombe alors sur les bords de la couche mince 2.

On a mentionné plus haut une variante du procédé selon l'invention consistant à optimiser les paramètres de dépôt de la couche épaisse 4 afin de
10 réaliser une couche épaisse 4 monocristalline.

Même si la qualité d'une telle couche épaisse 4 monocristalline n'est pas optimale, elle peut s'avérer suffisante pour de nombreuses applications, pour lesquelles une très bonne qualité cristalline n'est requise que pour la couche superficielle 2 ou 16.

15 De telles variantes du procédé selon l'invention sont particulièrement intéressantes lorsque la croissance de lingots n'existe pas (cas du nitrure de gallium) ou lorsqu'elle est onéreuse (cas du carbure de silicium monocristallin).

On peut réaliser des dépôts chimiques en phase vapeur d'une couche épaisse 4 de carbure de silicium, sur une couche superficielle 2 ou 16 servant
20 de germe de croissance pour la couche épaisse 4, avec des vitesses de croissance très importantes (de quelques dizaines à quelques centaines de microns par heure).

On notera que dans les techniques de l'art antérieur on fait souvent croître des couches minces 2 sur un support par épitaxie. Dans ce cas le substrat doit
25 être de très bonne qualité pour que la couche mince épitaxiée dessus le soit également, c'est à dire pour éviter que les défauts ne soient transférés.

Dans le procédé selon l'invention, le support, c'est à dire la couche épaisse 4, peut être réalisé à moindre coût, puisqu'il s'agit d'un support dont la qualité sera souvent moins importante, d'autant plus qu'elle ne sert pas
30 nécessairement à une reprise d'épitaxie.

Selon d'autres variantes, ce qui a été exposé ci-dessus est transposé à d'autres semiconducteurs tels que le phosphore d'indium et l'arséniure de

gallium, ou encore d'autres matériaux tels que le niobate de lithium.

Selon encore d'autres variantes, on réalise une couche intermédiaire, par exemple isolante, entre la couche mince 2, et/ou la couche utile 16, et la couche épaisse 4 ou encore entre la couche mince 2 et la couche utile 16.

- 5 Cette couche intermédiaire est par exemple en diamant, un oxyde fin (500 Å), etc.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un substrat comprenant une couche mince portée par une couche constituant un support mécanique, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- détacher d'un substrat source (6) une couche d'un matériau pour former la couche mince (2), puis
- réaliser sur la couche mince (2) un dépôt de matériau en une couche épaisse (4) pour former la couche constituant le support mécanique.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la couche épaisse (4) est déposée progressivement, sur la couche mince, par une technique comprise dans la liste comprenant les dépôts chimiques en phase vapeur, les dépôts en phase liquide, les dépôts par jet moléculaire.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comprend une opération consistant à déposer une couche utile (16) sur l'une des faces de la couche mince (2).

20

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait qu'il comprend une opération consistant à déposer une couche utile (16) sur l'autre face de la couche mince (2).

5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé par le fait qu'au moins une couche utile (16) est déposée avant la formation de la couche épaisse (4).

6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé par le fait qu'au moins une couche utile (16) est déposée après la formation de la couche épaisse (4).

7. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6, caractérisé par le fait que la couche utile est constituée d'un matériau à grand gap, compris dans la liste comprenant le nitrure de gallium, le nitrure d'aluminium, et les composés d'au moins deux éléments compris dans la liste comprenant l'aluminium, l'indium et le gallium.

8. Procédé selon l'une des revendications 3 à 7, caractérisé par le fait que la couche utile (16) et la couche épaisse (4) sont déposées chacune sur une face différente de la couche mince (2).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la couche mince (2) est constituée d'un matériau monocristallin.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la couche épaisse (4) est formée par dépôt d'un matériau compris dans la liste composée des matériaux monocristallins, des matériaux polycristallins, des matériaux amorphes, des matériaux comportant plusieurs phases et des matériaux moins coûteux que celui constitutif de la couche mince.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comprend une étape de transfert de la couche mince (2) sur un support intermédiaire (12), avant la formation de la couche épaisse (4) sur la couche mince (2).

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé par le fait que le support intermédiaire (12) supporte plusieurs couches minces (2).

13. Procédé selon l'une des revendications 11 et 12, caractérisé par le fait qu'il comprend une opération consistant à éliminer le support intermédiaire (12).

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'élimination du support intermédiaire (12) est réalisée en séparant la couche mince (2) du

support intermédiaire (12), afin notamment de recycler ce dernier.

15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte une opération de formation d'une couche de liaison (10) sur la couche mince (2) avant qu'elle soit détachée du substrat source (6).

16. Procédé selon l'une revendication 11 à 14, caractérisé par le fait qu'il comporte une opération de formation d'une couche de liaison (11) sur le support intermédiaire (12) avant le transfert de la couche mince (2) sur celui-ci.

17. Procédé selon l'une des revendications 15 et 16, caractérisé par le fait que la couche de liaison (10, 11) est composée d'un matériau compris dans la liste comprenant les matériaux amorphes, les matériaux polycristallins et les matériaux métalliques.

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la couche mince (2) est constituée d'un matériau compris dans la liste comprenant le silicium, le carbure de silicium, le saphir, le diamant, le nitrure de gallium, le nitrure d'aluminium et une combinaison ou une superposition d'au moins deux de ces matériaux.

19. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la couche épaisse (4) est formée d'un matériau compris dans la liste comprenant le silicium, le carbure de silicium, le saphir, le diamant, le graphite, le nitrure de gallium, le nitrure d'aluminium et une combinaison ou une superposition d'au moins deux de ces matériaux.

20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la couche mince (2) est détachée du substrat source (6) au niveau d'une zone de fragilisation (8).

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé par le fait que la zone

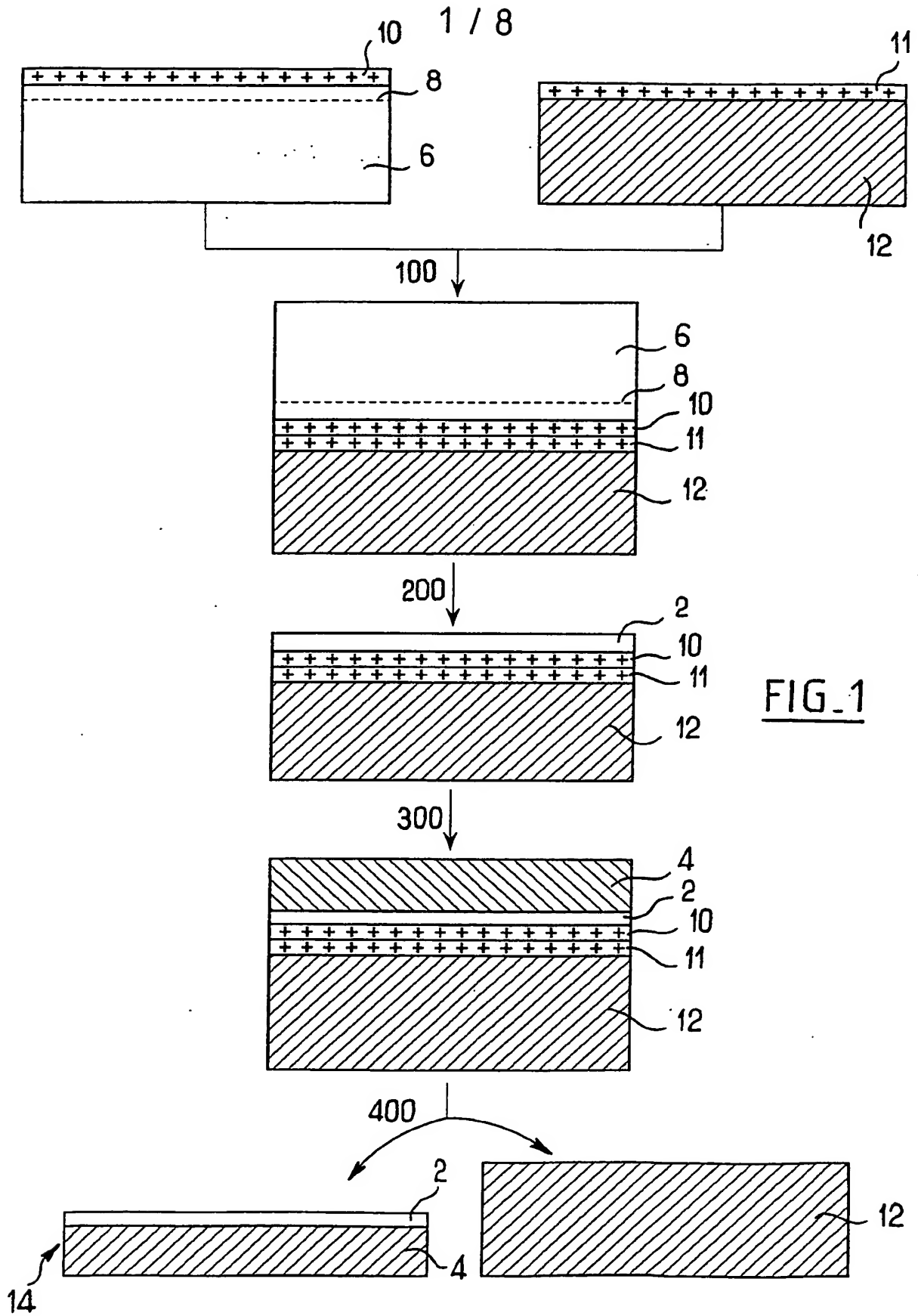
de fragilisation (8) est réalisée en implantant, dans ce substrat source (6), des espèces atomiques au voisinage d'une profondeur déterminée.

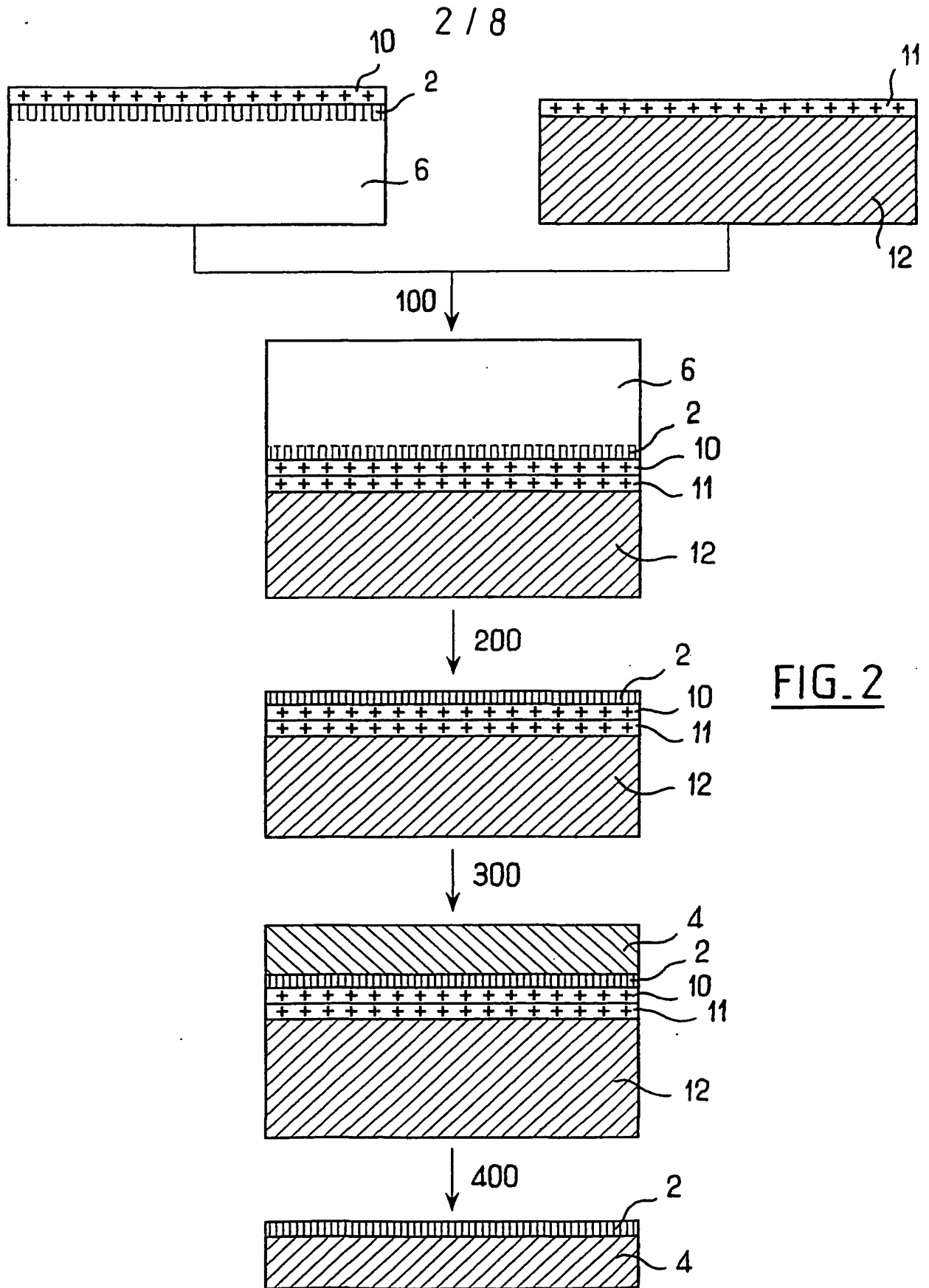
22. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé par le fait
5 que la couche mince (2) est détachée du substrat source (6) par élimination, par exemple par attaque chimique, d'une zone intercalée entre la couche mince (2) et le reste du substrat source (6).

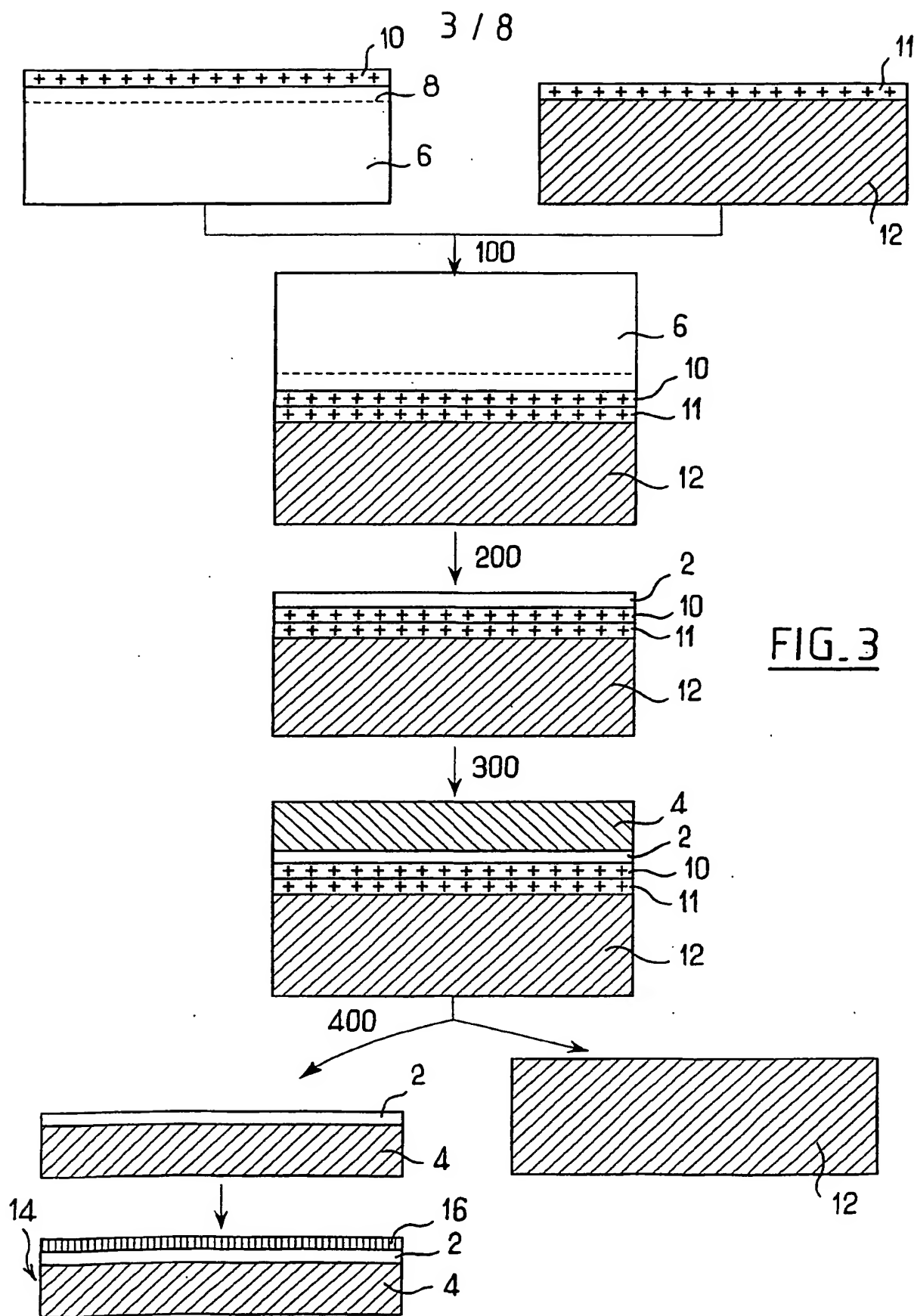
23. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le
10 fait que l'on optimise les conditions de dépôt de la couche épaisse (4) afin que celle-ci corresponde à une qualité monocristalline.

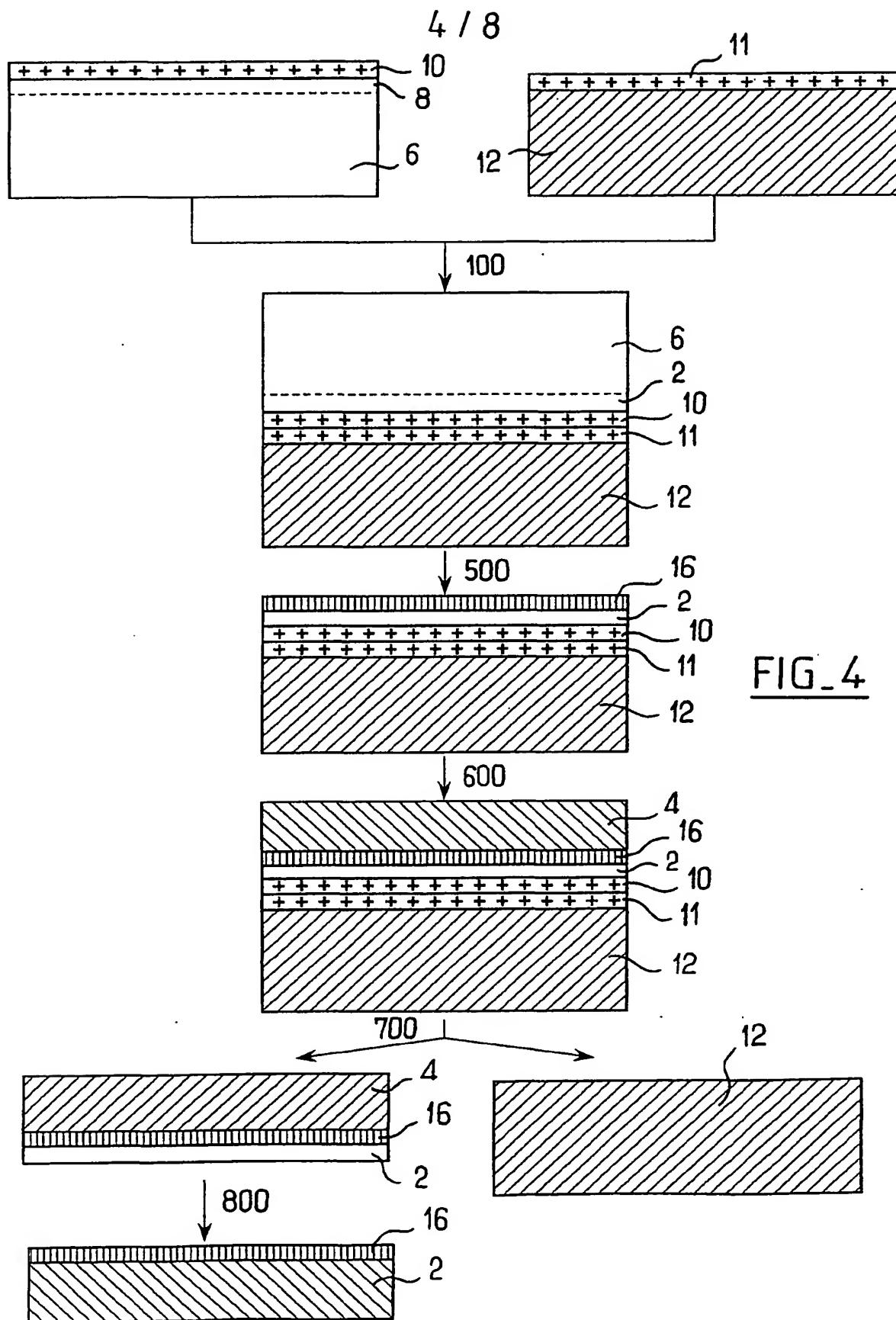
24. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le
fait que l'on optimise les conditions de dépôt de la couche épaisse (4) afin que
15 celle-ci corresponde à une qualité particulière comprise dans la liste comprenant les qualités monocristalline, polycristalline, isolante et conductrice.

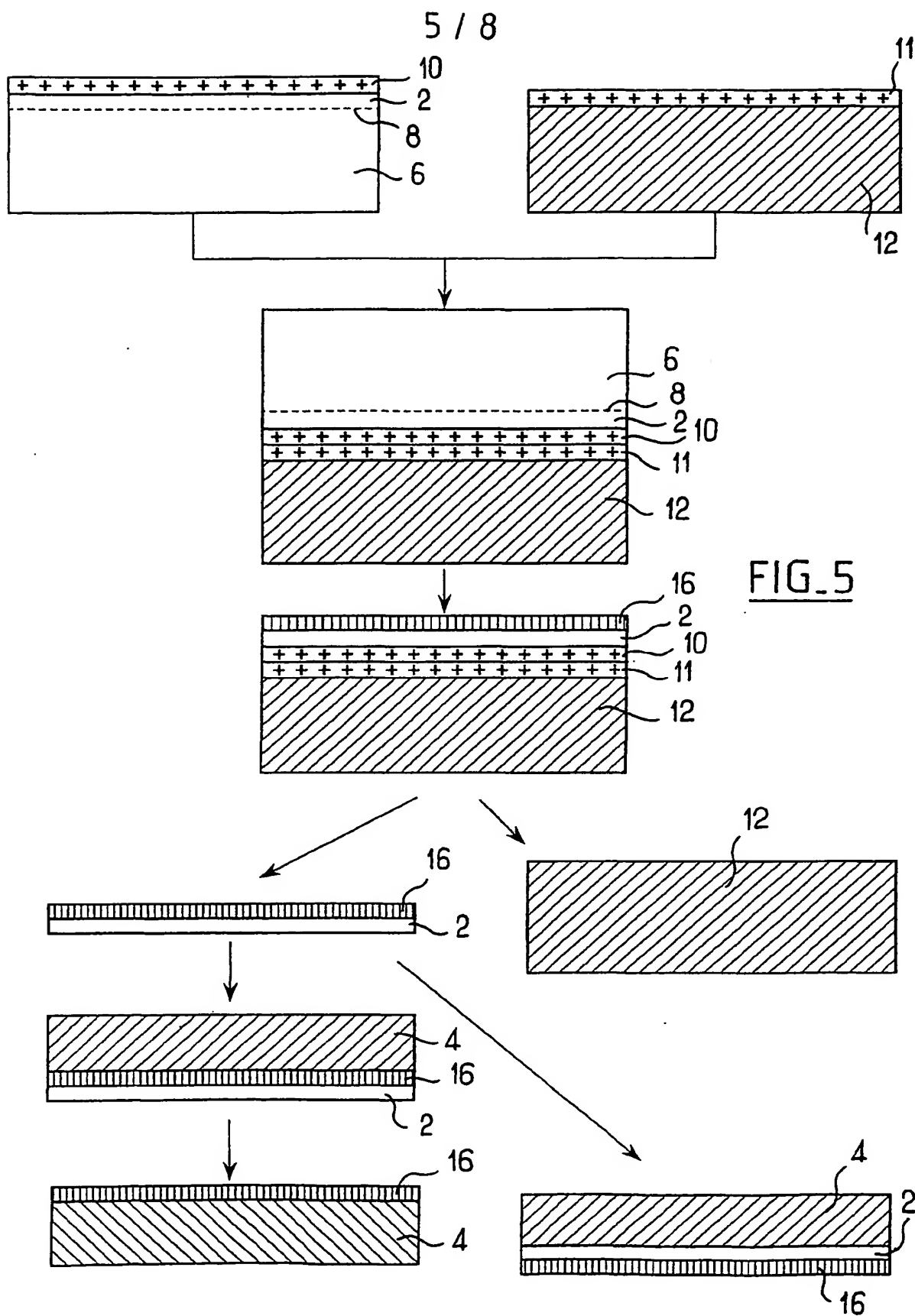
25. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le
fait que l'on forme la couche épaisse (4) en utilisant la couche mince (2) comme
20 couche germe pour la formation de cette couche épaisse (4).











6 / 8

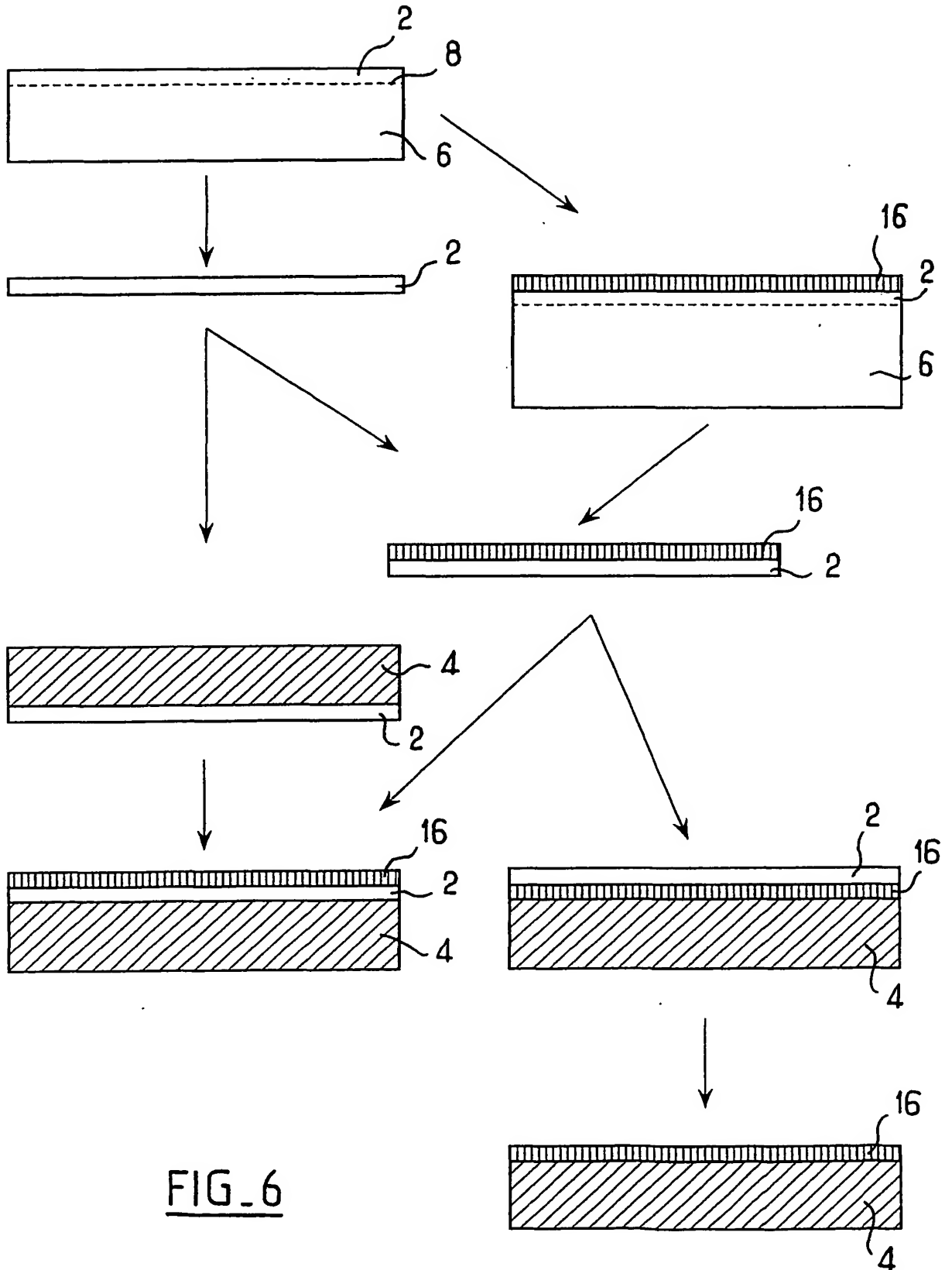


FIG. 6

7 / 8

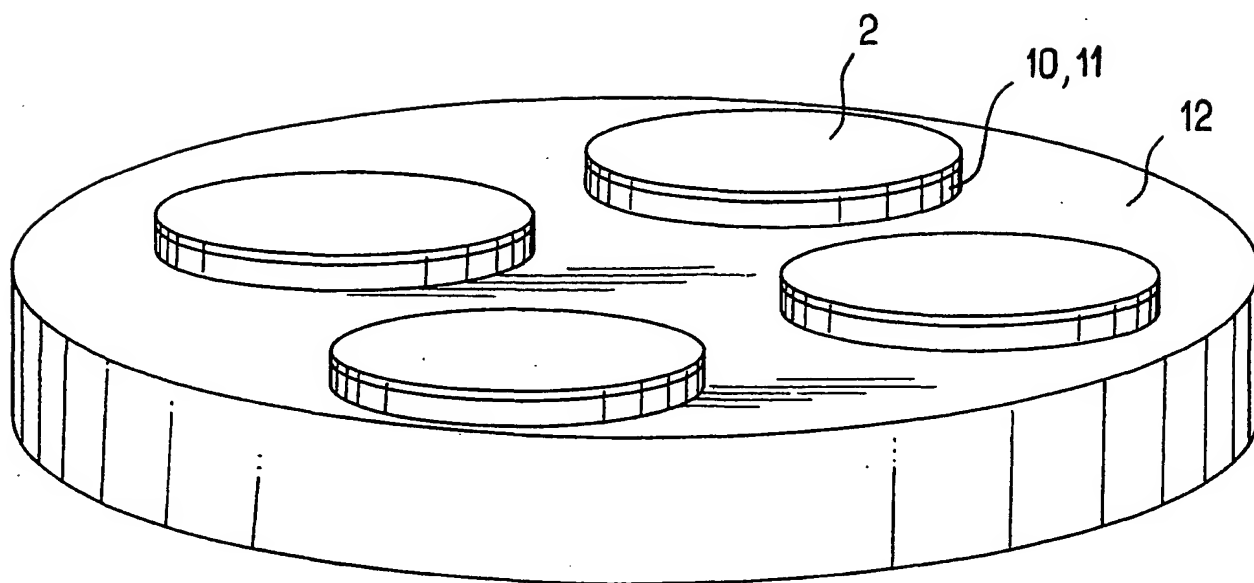
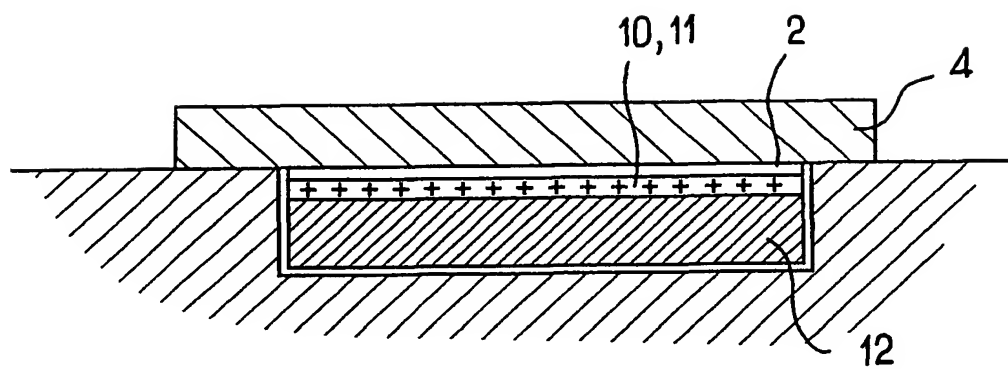
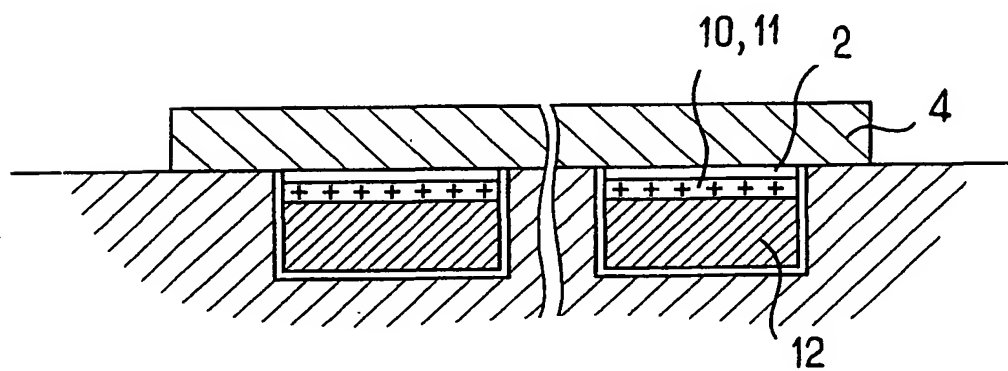


FIG. 7

8 / 8

FIG. 8aFIG. 8b

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
30 mai 2002 (30.05.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/043124 A3

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01L 21/20, 21/302, 29/165, 29/205, 29/267

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/03715

(22) Date de dépôt international :
26 novembre 2001 (26.11.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/15280 27 novembre 2000 (27.11.2000) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines, Chemin des Franques, F-38190 Bernin (FR).

(72) Inventeurs; et

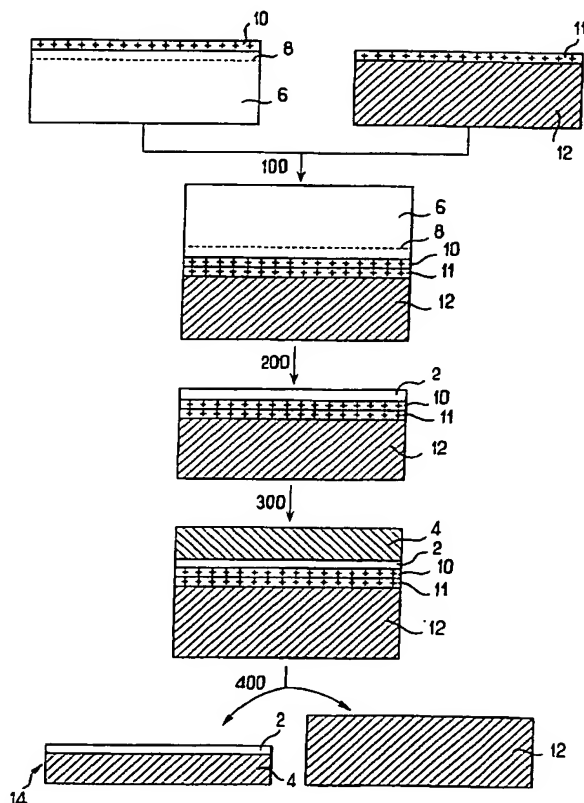
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GHYSELEN, Bruno [FR/FR]; 58, rue Georges Maeder, F-38170 Seyssinet (FR). LETERTRE, Fabrice [FR/FR]; 33 quai Jongkind, F-38000 GRENOBLE (FR).

(74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MAKING A SUBSTRATE IN PARTICULAR FOR OPTICS, ELECTRONICS OR OPTOELECTRONICS AND RESULTING SUBSTRATE

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UN SUBSTRAT CONTENANT UNE COUCHE MINCE SUR UN SUPPORT ET SUBSTRAT OBTENU PAR CE PROCEDE



(57) Abstract: The invention concerns a method for making a substrate comprising a thin layer borne by a layer forming a mechanical support, in particular for optics, electronics or optoelectronics. The invention is characterised in that the method comprises the following steps: removing from a source substrate (6) a layer of a material to form the thin layer (2); then producing on the thin layer (2) a deposition of material in a thick layer (4) to form the layer forming the mechanical support.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'un substrat comprenant une couche mince portée par une couche constituant un support mécanique, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique. Selon l'invention, le procédé comprenant les étapes suivantes: - détacher d'un substrat source (6) une couche d'un matériau pour former la couche mince (2), puis - réaliser sur la couche mince (2) un dépôt de matériau en une couche épaisse (4) pour former la couche constituant le support mécanique.

WO 02/043124 A3



(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*
— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale:

22 août 2002

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/03715

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/20 H01L21/302 H01L29/165 H01L29/205 H01L29/267

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 787 919 A (THOMSON CSF) 30 June 2000 (2000-06-30) page 1, line 5 - line 17 page 2, line 26 - page 3, line 32 page 4, line 11 - page 6, line 31; claims 1-3,5-9; figures 1-5	1-3,5,8, 10,11, 13,15-25
Y	----- -/--	4,6,7,9, 12,14

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 June 2002

Date of mailing of the international search report

28/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Klopfenstein, P

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 924 769 A (SEIKO EPSON CORP) 23 June 1999 (1999-06-23) column 12, line 43 -column 17, line 38; figures 1-4 column 19, line 37 -column 20, line 17; figures 5-7 column 20, line 44 -column 21, line 4 column 21, line 16 -column 22, line 6 column 22, line 22 - line 54; figures 8,9 column 23, line 19 -column 25, line 55; figures 11-23 column 29, line 53 -column 30, line 26; figures 37,38 column 35, line 3 -column 36, line 4	1,3-6,8, 10-15, 17,18, 20,22
Y		4,6,7, 12,14
A		9,16,19
X	EP 0 849 788 A (CANON KK) 24 June 1998 (1998-06-24) page 7, line 37 - line 58 page 10, line 7 - line 27 page 10, line 51 -page 11, line 13 page 12, line 25 - line 57 page 13, line 22 -page 14, line 5; figures 5A-5GB page 14, line 8 - line 28; figures 6A-6FB	1,3,5, 9-11,13, 15,17-22
Y		9
X	EP 0 928 032 A (SONY CORP) 7 July 1999 (1999-07-07) column 1, line 27 - line 33; figures 1A,1B column 1, line 53 -column 2, line 11; figures 1C-1E column 2, line 28 - line 56 column 5, line 26 - line 41; figure 4 column 6, line 17 -column 7, line 5; figures 6A-6C column 9, line 11 -column 10, line 17; figures 7A-7C	1,3-5, 8-11, 18-20,22
A		15-17
	--- -/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/03715

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 114 188 A (ZAVRACKY PAUL ET AL) 5 September 2000 (2000-09-05) column 1, line 57 -column 2, line 14 column 2, line 52 - line 67 column 3, line 1 - line 27 column 3, line 40 - line 47 column 4, line 11 - line 47; figure 1 column 5, line 37 -column 6, line 41; figures 2-4 column 7, line 46 - line 67; figures 7A-7D column 8, line 56 - line 67	1,3-5, 8-12, 15-17
A	---	7,18-20, 22
X	US 6 107 213 A (TAYANAKA HIROSHI) 22 August 2000 (2000-08-22) column 2, line 12 - line 19 column 3, line 25 - line 50 column 14, line 27 -column 15, line 45; figures 2A-3D column 26, line 1 - line 61; figures 9A-10D column 26, line 62 -column 27, line 12 column 27, line 14 -column 28, line 56; figures 11-14 column 34, line 15 -column 34, line 64; figures 25-28	1,3-6, 8-12,15, 17,18, 20-23
A	---	16,19
A	EP 0 528 229 A (CANON KK) 24 February 1993 (1993-02-24) page 5, line 20 - line 33 page 5, line 44 - line 53; figure 1A page 6, line 25 - line 50; figures 1B-1F page 7, line 54 -page 8, line 39; figures 2A-2F; example 1	1-3,5, 9-11, 16-19, 22-25
X	FR 2 775 121 A (PICOGIGA SA) 20 August 1999 (1999-08-20) page 1, line 1 - line 17 page 5, line 4 - line 32 page 6, line 4 -page 7, line 17 page 8, line 11 -page 10, line 21; figures 1-8 page 11, line 3 -page 12, line 21; figures 9-11 page 13, line 1 - line 16 --- -/--	1-3,5,7, 9-11, 15-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/03715

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 6 010 579 A (HENLEY FRANCOIS J ET AL) 4 January 2000 (2000-01-04)</p> <p>column 4, line 1 - line 19; figure 1 column 5, line 43 -column 6, line 12; figure 3 column 8, line 50 -column 9, line 17 column 10, line 13 - line 33; figure 9 column 10, line 60 -column 11, line 35; figure 10 column 11, line 44 - line 55; figure 11 column 12, line 55 -column 13, line 6; figure 12 column 13, line 16 - line 33; figure 13 column 13, line 65 -column 14, line 11; figure 15</p> <p>-----</p>	<p>1-5, 8-11, 15-18, 20-22, 24,25</p>
A	<p>US 4 983 251 A (HAISMA JAN ET AL) 8 January 1991 (1991-01-08)</p> <p>column 1, line 18 - line 33 column 3, line 38 - line 50; figure 1 column 4, line 3 - line 53; figures 2-6 column 4, line 61 -column 5, line 20; figures 7-10</p> <p>-----</p>	<p>1-3,5, 9-11, 14-18, 21-23</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/03715

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2787919	A	30-06-2000	FR 2787919 A1	30-06-2000
EP 0924769	A	23-06-1999	JP 11026733 A	29-01-1999
			EP 0924769 A1	23-06-1999
			CN 1231065 T	06-10-1999
			WO 9901899 A1	14-01-1999
			TW 382820 B	21-02-2000
EP 0849788	A	24-06-1998	AU 743331 B2	24-01-2002
			AU 4846297 A	25-06-1998
			CA 2225131 A1	18-06-1998
			CN 1190248 A	12-08-1998
			EP 0849788 A2	24-06-1998
			JP 10233352 A	02-09-1998
			SG 67458 A1	21-09-1999
			TW 410477 B	01-11-2000
			US 6100166 A	08-08-2000
EP 0928032	A	07-07-1999	JP 11195775 A	21-07-1999
			CN 1221218 A	30-06-1999
			EP 0928032 A2	07-07-1999
			SG 74107 A1	18-07-2000
			US 6214701 B1	10-04-2001
US 6114188	A	05-09-2000	WO 9739481 A1	23-10-1997
US 6107213	A	22-08-2000	US 6194239 B1	27-02-2001
			US 6194245 B1	27-02-2001
			US 6326280 B1	04-12-2001
			EP 0797258 A2	24-09-1997
			JP 10135500 A	22-05-1998
EP 0528229	A	24-02-1993	JP 3112100 B2	27-11-2000
			JP 5036951 A	12-02-1993
			JP 3112101 B2	27-11-2000
			JP 5036952 A	12-02-1993
			AT 166747 T	15-06-1998
			CA 2075020 A1	01-02-1993
			CN 1073550 A , B	23-06-1993
			DE 69225650 D1	02-07-1998
			DE 69225650 T2	26-11-1998
			EP 0528229 A2	24-02-1993
			KR 9509617 B1	25-08-1995
			US 5374581 A	20-12-1994
FR 2775121	A	20-08-1999	FR 2775121 A1	20-08-1999
			WO 9941776 A1	19-08-1999
US 6010579	A	04-01-2000	AU 7685198 A	08-12-1998
			CN 1255237 T	31-05-2000
			EP 0995227 A1	26-04-2000
			JP 2001525991 T	11-12-2001
			US 2002055266 A1	09-05-2002
			US 6048411 A	11-04-2000
			US 6159824 A	12-12-2000
			US 5985742 A	16-11-1999
			US 5994207 A	30-11-1999
			US 6146979 A	14-11-2000

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/03715

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6010579	A		US 6013563 A	11-01-2000
			US 6159825 A	12-12-2000
			US 6155909 A	05-12-2000
			US 6245161 B1	12-06-2001
			US 6162705 A	19-12-2000
			US 6290804 B1	18-09-2001
			WO 9852216 A1	19-11-1998
			US 6391740 B1	21-05-2002
			US 6013567 A	11-01-2000
			US 6291313 B1	18-09-2001
			US 6187110 B1	13-02-2001
			US 6033974 A	07-03-2000
			US 6294814 B1	25-09-2001
			US 6284631 B1	04-09-2001
			US 6335264 B1	01-01-2002
			US 2001026997 A1	04-10-2001
			US 2002056519 A1	16-05-2002
US 4983251	A	08-01-1991	NL 8501773 A	16-01-1987
			AU 585355 B2	15-06-1989
			AU 5885486 A	24-12-1986
			CA 1245776 A1	29-11-1988
			DE 3676367 D1	07-02-1991
			EP 0209173 A1	21-01-1987
			ES 556144 D0	01-07-1987
			ES 8707023 A1	16-09-1987
			JP 2608548 B2	07-05-1997
			JP 61294846 A	25-12-1986

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

de Internationale No
PCT/FR 01/03715

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01L21/20 H01L21/302 H01L29/165 H01L29/205 H01L29/267

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 787 919 A (THOMSON CSF) 30 juin 2000 (2000-06-30) page 1, ligne 5 - ligne 17 page 2, ligne 26 -page 3, ligne 32 page 4, ligne 11 -page 6, ligne 31; revendications 1-3,5-9; figures 1-5	1-3,5,8, 10,11, 13,15-25
Y	---	4,6,7,9, 12,14
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

G document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 juin 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

28/06/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818, Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Klopfenstein, P

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 924 769 A (SEIKO EPSON CORP) 23 juin 1999 (1999-06-23) colonne 12, ligne 43 - colonne 17, ligne 38; figures 1-4 colonne 19, ligne 37 - colonne 20, ligne 17; figures 5-7 colonne 20, ligne 44 - colonne 21, ligne 4 colonne 21, ligne 16 - colonne 22, ligne 6 colonne 22, ligne 22 - ligne 54; figures 8,9 colonne 23, ligne 19 - colonne 25, ligne 55; figures 11-23 colonne 29, ligne 53 - colonne 30, ligne 26; figures 37,38 colonne 35, ligne 3 - colonne 36, ligne 4	1,3-6,8, 10-15, 17,18, 20,22
Y		4,6,7, 12,14 9,16,19
A		
X	EP 0 849 788 A (CANON KK) 24 juin 1998 (1998-06-24) page 7, ligne 37 - ligne 58 page 10, ligne 7 - ligne 27 page 10, ligne 51 - page 11, ligne 13 page 12, ligne 25 - ligne 57 page 13, ligne 22 - page 14, ligne 5; figures 5A-5GB page 14, ligne 8 - ligne 28; figures 6A-6FB	1,3,5, 9-11,13, 15,17-22
Y		9
X	EP 0 928 032 A (SONY CORP) 7 juillet 1999 (1999-07-07) colonne 1, ligne 27 - ligne 33; figures 1A,1B colonne 1, ligne 53 - colonne 2, ligne 11; figures 1C-1E colonne 2, ligne 28 - ligne 56 colonne 5, ligne 26 - ligne 41; figure 4 colonne 6, ligne 17 - colonne 7, ligne 5; figures 6A-6C colonne 9, ligne 11 - colonne 10, ligne 17; figures 7A-7C	1,3-5, 8-11, 18-20,22
A		15-17

	-/--	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

D de Internationale No
PCT/FR 01/03715

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 6 114 188 A (ZAVRACKY PAUL ET AL) 5 septembre 2000 (2000-09-05) colonne 1, ligne 57 - colonne 2, ligne 14 colonne 2, ligne 52 - ligne 67 colonne 3, ligne 1 - ligne 27 colonne 3, ligne 40 - ligne 47 colonne 4, ligne 11 - ligne 47; figure 1 colonne 5, ligne 37 - colonne 6, ligne 41; figures 2-4 colonne 7, ligne 46 - ligne 67; figures 7A-7D colonne 8, ligne 56 - ligne 67	1, 3-5, 8-12, 15-17
A	---	7, 18-20, 22
X	US 6 107 213 A (TAYANAKA HIROSHI) 22 août 2000 (2000-08-22) colonne 2, ligne 12 - ligne 19 colonne 3, ligne 25 - ligne 50 colonne 14, ligne 27 - colonne 15, ligne 45; figures 2A-3D colonne 26, ligne 1 - ligne 61; figures 9A-10D colonne 26, ligne 62 - colonne 27, ligne 12 colonne 27, ligne 14 - colonne 28, ligne 56; figures 11-14 colonne 34, ligne 15 - colonne 34, ligne 64; figures 25-28	1, 3-6, 8-12, 15, 17, 18, 20-23
A	---	16, 19
A	EP 0 528 229 A (CANON KK) 24 février 1993 (1993-02-24) page 5, ligne 20 - ligne 33 page 5, ligne 44 - ligne 53; figure 1A page 6, ligne 25 - ligne 50; figures 1B-1F page 7, ligne 54 - page 8, ligne 39; figures 2A-2F; exemple 1	1-3, 5, 9-11, 16-19, 22-25
X	FR 2 775 121 A (PICO GIGA SA) 20 août 1999 (1999-08-20) page 1, ligne 1 - ligne 17 page 5, ligne 4 - ligne 32 page 6, ligne 4 - page 7, ligne 17 page 8, ligne 11 - page 10, ligne 21; figures 1-8 page 11, ligne 3 - page 12, ligne 21; figures 9-11 page 13, ligne 1 - ligne 16 ---	1-3, 5, 7, 9-11, 15-25
	-/--	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

D^e de Internationale No

PCT/FR 01/03715

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>US 6 010 579 A (HENLEY FRANCOIS J ET AL) 4 janvier 2000 (2000-01-04)</p> <p>colonne 4, ligne 1 - ligne 19; figure 1 colonne 5, ligne 43 - colonne 6, ligne 12; figure 3 colonne 8, ligne 50 - colonne 9, ligne 17 colonne 10, ligne 13 - ligne 33; figure 9 colonne 10, ligne 60 - colonne 11, ligne 35; figure 10 colonne 11, ligne 44 - ligne 55; figure 11 colonne 12, ligne 55 - colonne 13, ligne 6; figure 12 colonne 13, ligne 16 - ligne 33; figure 13 colonne 13, ligne 65 - colonne 14, ligne 11; figure 15</p> <p>---</p>	<p>1-5, 8-11, 15-18, 20-22, 24,25</p>
A	<p>US 4 983 251 A (HAISMA JAN ET AL) 8 janvier 1991 (1991-01-08)</p> <p>colonne 1, ligne 18 - ligne 33 colonne 3, ligne 38 - ligne 50; figure 1 colonne 4, ligne 3 - ligne 53; figures 2-6 colonne 4, ligne 61 - colonne 5, ligne 20; figures 7-10</p> <p>-----</p>	<p>1-3,5, 9-11, 14-18, 21-23</p>

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

C de Internationale No
PCT/FR 01/03715

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2787919	A	30-06-2000	FR 2787919 A1	30-06-2000
EP 0924769	A	23-06-1999	JP 11026733 A	29-01-1999
			EP 0924769 A1	23-06-1999
			CN 1231065 T	06-10-1999
			WO 9901899 A1	14-01-1999
			TW 382820 B	21-02-2000
EP 0849788	A	24-06-1998	AU 743331 B2	24-01-2002
			AU 4846297 A	25-06-1998
			CA 2225131 A1	18-06-1998
			CN 1190248 A	12-08-1998
			EP 0849788 A2	24-06-1998
			JP 10233352 A	02-09-1998
			SG 67458 A1	21-09-1999
			TW 410477 B	01-11-2000
			US 6100166 A	08-08-2000
EP 0928032	A	07-07-1999	JP 11195775 A	21-07-1999
			CN 1221218 A	30-06-1999
			EP 0928032 A2	07-07-1999
			SG 74107 A1	18-07-2000
			US 6214701 B1	10-04-2001
US 6114188	A	05-09-2000	WO 9739481 A1	23-10-1997
US 6107213	A	22-08-2000	US 6194239 B1	27-02-2001
			US 6194245 B1	27-02-2001
			US 6326280 B1	04-12-2001
			EP 0797258 A2	24-09-1997
			JP 10135500 A	22-05-1998
EP 0528229	A	24-02-1993	JP 3112100 B2	27-11-2000
			JP 5036951 A	12-02-1993
			JP 3112101 B2	27-11-2000
			JP 5036952 A	12-02-1993
			AT 166747 T	15-06-1998
			CA 2075020 A1	01-02-1993
			CN 1073550 A ,B	23-06-1993
			DE 69225650 D1	02-07-1998
			DE 69225650 T2	26-11-1998
			EP 0528229 A2	24-02-1993
			KR 9509617 B1	25-08-1995
			US 5374581 A	20-12-1994
FR 2775121	A	20-08-1999	FR 2775121 A1	20-08-1999
			WO 9941776 A1	19-08-1999
US 6010579	A	04-01-2000	AU 7685198 A	08-12-1998
			CN 1255237 T	31-05-2000
			EP 0995227 A1	26-04-2000
			JP 2001525991 T	11-12-2001
			US 2002055266 A1	09-05-2002
			US 6048411 A	11-04-2000
			US 6159824 A	12-12-2000
			US 5985742 A	16-11-1999
			US 5994207 A	30-11-1999
			US 6146979 A	14-11-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

D le Internationale No

PCT/FR 01/03715

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6010579 A		US 6013563 A	11-01-2000
		US 6159825 A	12-12-2000
		US 6155909 A	05-12-2000
		US 6245161 B1	12-06-2001
		US 6162705 A	19-12-2000
		US 6290804 B1	18-09-2001
		WO 9852216 A1	19-11-1998
		US 6391740 B1	21-05-2002
		US 6013567 A	11-01-2000
		US 6291313 B1	18-09-2001
		US 6187110 B1	13-02-2001
		US 6033974 A	07-03-2000
		US 6294814 B1	25-09-2001
		US 6284631 B1	04-09-2001
		US 6335264 B1	01-01-2002
		US 2001026997 A1	04-10-2001
		US 2002056519 A1	16-05-2002
US 4983251 A	08-01-1991	NL 8501773 A	16-01-1987
		AU 585355 B2	15-06-1989
		AU 5885486 A	24-12-1986
		CA 1245776 A1	29-11-1988
		DE 3676367 D1	07-02-1991
		EP 0209173 A1	21-01-1987
		ES 556144 D0	01-07-1987
		ES 8707023 A1	16-09-1987
		JP 2608548 B2	07-05-1997
		JP 61294846 A	25-12-1986